



Universidad
Carlos III de Madrid

Departamento de Ingeniería Química

PROYECTO DE FIN DE CARRERA

Estudio de la extracción y tratamiento del aire contaminado por sulfhídrico de una nave industrial

Autor: Román Avellán Martín

Tutor: Antonio Aznar

Leganés, 17 de Noviembre de 2011

Título: Estudio de la extracción y tratamiento del aire contaminado por Sulfhídrico de una nave industrial

Autor: Román Avellán Martín

Director: Antonio Aznar

EL TRIBUNAL

Presidente: Don Juan Carlos Cabanelas Valcárcel

Vocal: Doña Olga Martín Cádiz

Secretario: Doña María González González

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día 17 de Noviembre de 2011 en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de:

VOCAL

SECRETARIO

PRESIDENTE

Agradecimientos

Me gustaría dedicar este proyecto a mi familia, por la comprensión y el apoyo prestado durante tantos y tan largos años.

Agradezco a mi tutor de proyecto toda la ayuda prestada, sobre todo cuando el tiempo apremiaba en los últimos días de trabajo.

También me gustaría agradecer a todos mis amigos los buenos momentos que me han hecho pasar y las ayudas que siempre me han ofrecido.

Resumen

Este proyecto de fin de carrera se centra en la extracción del aire por ventilación de una nave, y el tratamiento de éste mediante una columna de absorción.

El objetivo es mantener el ambiente de trabajo con una concentración de sulfhídrico en el aire que nunca supere los límites impuestos por el Ministerio de Salud e Higiene en el Trabajo (VLA, valores límite ambientales).

En la nave se lleva a cabo el tratamiento primario de la depuración de aguas, proceso en el cuál se produce gran cantidad de sulfhídrico debido a la concentración de aguas estancadas y fangos. Para su eliminación, el caudal de aire extraído se hará pasar por una columna de absorción, siendo el diseño de ésta el problema principal del proyecto.

La finalidad es verificar la viabilidad del método diseñado para mantener el ambiente de trabajo con concentraciones de sulfhídrico por debajo de los límites. Las aportaciones principales del proyecto son: el cálculo del caudal necesario de extracción de aire y las dimensiones y reactivos de la columna de absorción.

Palabras clave:

NTP's, sulfhídrico, columnas de absorción, columnas de relleno, anillos Raschig.

Índice principal

1. Introducción y objetivos

- 1.1 Introducción
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Medios empleados (Bibliografías)
- 1.4 Estructura de la memoria

2. Estudio del caudal de aire necesario a extraer de la nave

- 2.1 Introducción
- 2.2 Sulfuro de hidrógeno
 - 2.2.1 Propiedades
 - 2.2.2 Fuentes
 - 2.2.3 Usos
 - 2.2.4 Efectos sobre la salud
- 2.3 Cálculos para hallar el caudal
- 2.4 Diseño del sistema de extracción
- 2.5 Pérdidas de carga
- 2.6 Conclusión

3. Estudio del reactivo y las dimensiones de la columna de absorción

- 3.1 Introducción
- 3.2 Columnas de absorción
- 3.3 Cloruro de Hierro
- 3.4 Rellenos de columnas y dispositivos interiores
- 3.5 Cálculo del flujo de reactivo líquido
- 3.6 Cálculo de las dimensiones de la columna
- 3.7 Ley de Stockes y depósito de purga
- 3.8 Diagrama de bloques
- 3.9 Elección de las bombas impulsoras
- 3.10 Conclusión

4. Planos

- 4.1 Plano en planta de la nave

5. Conclusiones y líneas futuras

5.1 Conclusiones

5.2 Líneas futuras

6. Presupuesto

7. Referencias (Webs)

8. Anexos

8.1 Hojas de características

8.2 Aclaraciones

Capítulo 1

Introducción y objetivos

1.1 Introducción

En un ambiente de trabajo, es de vital importancia mantener unas condiciones laborales óptimas en cuanto a salud e higiene se refiere.

Para zonas en las que haya estancamientos de aguas y tratamiento de fangos, como es el caso que estudiamos, habrá que mantener una concentración aceptable de sulfhídrico en el ambiente de trabajo. Existe una concentración máxima permitida que está regulada por el ministerio, a la cual supondremos que se encuentra la nave para ponernos en el peor de los casos.

En la extracción del aire por ventilación, se tendrá en cuenta el volumen de la nave y la concentración de sulfhídrico para calcular el caudal que se ha de extraer. También habrá que tener en cuenta la pérdida de carga debido a los conductos de ventilación. La ventilación se diseñará para un consumo, coste y sonoridad mínimos del sistema.

Para la eliminación del sulfhídrico del aire extraído de la nave, usamos técnicas de separación gas-líquido, en concreto, usaremos una columna de absorción. La elección del reactivo y su caudal mínimo necesario, así como el cálculo de las dimensiones de la columna, serán cálculos y estudios que deberemos de realizar.

Este proyecto se ha realizado en el Área de Ingeniería Química de la UC3M. A partir de métodos previamente ya diseñados, para solucionar la situación que se nos propone. La solución desarrollada sólo es una entre las muchas que se podrían haber propuesto, dejándose para posibles futuros proyectos la mejora del proceso para conseguir mayores rendimientos.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es el de desarrollar un método para la extracción y tratamiento del aire contaminado de sulfhídrico. Se plantea como solución la ventilación por depresión, extrayendo el caudal por medio de ventiladores helicoidales. Para la separación del sulfhídrico se empleará una columna de absorción usando una disolución de cloruro de hierro como reactivo.

Para la consecución de todos los objetivos que se plantean en el proyecto, se han desarrollado los siguientes puntos:

1. Estudio de las Normas (NTP's) del Ministerio de Salud e Higiene en el Trabajo (INSHT) para la elección del método de ventilación y las concentraciones máximas permitidas de sulfhídrico.
2. Diseño e implementación del sistema de extracción de aire.
3. Diseño e implementación de una columna de absorción con cloruro de hierro en disolución como reactivo.
4. Diseño del sistema de realimentación del reactivo de la columna.

En el desarrollo del proyecto se han ido cumpliendo cada uno de los puntos anteriores.

1.3 Medios empleados

El proyecto se ha llevado a cabo en el Departamento Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química (CIMIQU) de la UC3M.

Los medios utilizados han sido la bibliografía recomendada por el tutor de mi proyecto, las medidas experimentales realizados por un amigo de la universidad UAM en los laboratorios y de la información recopilada personalmente de Internet.

Las hojas de características han sido facilitadas por los proveedores.
Para realizar el diagrama de flujos, se ha usado el programa *Wizflow*.
El plano en planta de la nave se ha realizado con el programa *Autocad*.

1.4 Estructura de la memoria

Para facilitar la lectura de la memoria, se incluye a continuación un breve resumen de cada capítulo:

- En este primer capítulo se introduce una visión global de cómo se va a tratar y desarrollar el presente proyecto.
- En el segundo capítulo estudiaremos el compuesto sulfhídrico que debemos eliminar o reducir a las concentraciones máximas permitidas. También realizaremos el cálculo para el caudal que debemos extraer, y el diseño del sistema de ventilación. Calcularemos las pérdidas de carga que se producen en los conductos de ventilación.
- En el tercer capítulo diseñaremos los parámetros de la columna de absorción, así como sus principales dispositivos internos como los anillos Raschig. También diseñaremos el sistema de realimentación del líquido, así como su decantación.

Los restantes capítulos vienen suficientemente detallados en el índice.

Capítulo 2

Estudio del caudal de aire necesario a extraer de la nave

2.1 Introducción

Las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDARs) se ocupan del tratamiento de residuos líquidos, pero durante este proceso se generan residuos sólidos, líquidos y gaseosos que han de ser adecuadamente gestionados. En el caso de las emisiones a la atmósfera, el principal problema reside en la formación o liberación de compuestos causantes de malos olores, que además pueden ser tóxicos y/o corrosivos. Éstos son principalmente compuestos reducidos de S o N, ácidos orgánicos, aldehídos o cetonas. En concreto, es especialmente preocupante el H_2S , abundantemente generado y cuyos Valores Límite Ambientales de Exposición Diaria (VLA-ED) y de Exposición de Corta Duración (VLA-EC) son 10 y 15 ppmv, respectivamente debido a su alta toxicidad. El umbral de percepción de su mal olor es de $5 \cdot 10^{-3}$ ppmv, además de dañar gravemente tanto el acero como el hormigón y deteriorar muy rápidamente los equipos electrónicos expuestos a su ataque.

En general todas las instalaciones depuradoras de aguas residuales modernas cuentan con un sistema de tratamiento y eliminación de olores, pero las tecnologías actualmente en uso no son soluciones óptimas. Exigen elementos que se consumen en la reacción resultando en tratamientos costosos y generadores de residuos o ineficientes en determinadas situaciones.

La generación de olores está considerada como una forma específica de contaminación atmosférica. Los tipos de contaminantes que provocan problemas de olores y que emiten las industrias son de índoles muy diversas, tratándose fundamentalmente de compuestos volátiles ya sean orgánicos o inorgánicos.

Uno de los compuestos más comunes y que mayores problemas causa es el ácido sulfhídrico, por tratarse de un gas corrosivo, de olor desagradable a huevos podridos y con un límite de detección excesivamente bajo. La principal fuente de emisión de H_2S en las plantas de tratamiento de aguas

residuales (zonas de anaerobiosis, estaciones de bombeo, colectores, digestores de lodos, etc

2.2 Sulfuro de hidrógeno

2.2.1 Propiedades

El sulfuro de hidrógeno (H_2S) es un gas incoloro y muy tóxico con olor característico a huevos podridos. Se le conoce, entre otros nombres, como: ácido hidrosulfúrico, gas de alcantarilla y ácido sulfhídrico.

En el siguiente listado se detallan algunas de las propiedades físico-químicas más importantes (Smet *et al.*, 1998; Carson and Mumford 2002; EPA 2003; ICSC 2003a).

- N° CAS: 7783-06-04
- Fórmula: H_2S
- Peso molecular: 34,08
- Punto de ebullición: $-60,7^\circ\text{C}$
- Punto de fusión: -85°C
- Presión de vapor a 20°C : 18,8 bar
- Coeficiente de Henry a 25° ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$)aire/ ($\text{mol}\cdot\text{m}^{-3}$)agua): 0,41
- Solubilidad en agua (g/100ml): 437 ml (0°C), 186 ml (40°C)
- Densidad relativa de vapor (aire=1): 1,19
- Punto de inflamación: gas inflamable
- Temperatura de autoignición: 260°C
- Límites de explosividad (% en volumen en el aire): 4,3 – 45,5
- Constantes de disociación: $\text{pK}_{\text{a}1}=7,02$ (genera anión hidrosulfito HS^-); $\text{pK}_{\text{a}2}=11,96$ $\text{pK}_{\text{a}2}=11,96$ (genera el anión disulfuro S^{2-})
- Factor de 1 ppmv=1,39 mg m^3 (25°C)

El umbral de detección varía según los autores, entre 0,0085 y 1 ppmv (De Zwart and Kuenen 1992; Lomans *et al.*, 2002), entre 0,0005 y 0,01 ppmv (Ruth 1986) o entre 0,01 y 0,3 ppmv (Guidotti 1994). Como se puede comprobar el límite de detección es excesivamente bajo y varía, dado que la sensibilidad a la hora de detectar un olor depende de muchos factores, tanto del individuo (sensibilidad, subjetividad, costumbre, etc.) como ambiental (humedad, temperatura, etc.) (Wark *et al.*, 2004). Según la Nota Técnica de Prevención 320 del INSHT el umbral olfativo del H_2S es 0,0081 ppmv, siendo irritante a partir de 10,04 ppmv y dejándose de oler a partir de 100-150 ppmv.

Los valores límites de exposición ambiental, según la ACGIH, para el H₂S son de 10 ppmv (13,9 mg m⁻³) para el TLV-TWA y de 15 ppmv (20,85 mg m⁻³) para el TLV-STEL (ICSC 2003a). En España es el INSHT el encargado de publicar los valores de referencia para los agentes químicos que carezcan de valores límites reglamentarios según el RD 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo, siendo para el caso del H₂S el valor del VLA-ED de 10 ppmv (14 mg m⁻³) y el VLA-EC de 15 ppmv (21 mg m⁻³).

2.2.2 Fuentes

El ácido sulfhídrico se encuentra de forma natural en los gases de los volcanes, manantiales de azufre, emanaciones de grietas submarinas, pantanos, petróleo crudo, gas natural y como producto de la degradación biológica de la materia orgánica. Las fuentes industriales engloban a una gran cantidad de industrias: refinerías, plantas de gas natural, plantas petroquímicas, hornos de coque, industria alimenticia, industria del papel, curtidurías, etc.; pero destacan las plantas depuradoras de aguas residuales como las más significativas en la generación de olores debido a su gran número y cercanía a las poblaciones (Smet *et al.*, 1998; Syed *et al.*, 2006).

Toda planta de tratamiento de aguas residuales es susceptible de generar olores, aunque son las que realizan un tratamiento anaerobio las que generan mayores problemas. En un ambiente anaerobio, las bacterias sulfato reductoras producen ácido sulfhídrico como consecuencia de su metabolismo de degradación de los sulfatos presentes en el agua residual. Conjuntamente con el H₂S se ha identificado la presencia de compuestos orgánico sulfurados MeSH, Me₂S, Me₂S₂ y COS en las emisiones (Dechant *et al.*, 1999).

Para reducir la emisión de olores de las plantas de tratamiento de aguas residuales, los tanques que contienen los lodos o las aguas residuales se cubren y se ventilan mediante un sistema de extracción para eliminar los compuestos responsables del mal olor. En el año 2000 se realizó un estudio en los Países Bajos para ver que tipo de tratamiento se utilizaba, y se detectó que el 78% de las plantas utilizaban sistemas de tratamiento biológico, el 11% biolavadores químicos, el 2% procesos de adsorción con carbón activo y el 9% introducía los gases en el tanque de aireación

de la propia planta. En las nuevas instalaciones que se encuentran en construcción y puesta en marcha no es usual encontrar el uso de biolavadores químicos, produciéndose un desplazamiento hacia el uso de biofiltros de escurrimiento con soportes sintéticos (Van Groenestijn and Kraakman 2005). Este hecho ha provocado que se haya desarrollado un gran trabajo de investigación en este campo de aplicación medioambiental.

Así, Chitwood *et al.* (1999) han trabajado con un biofiltro de escurrimiento en una planta de tratamiento de aguas residuales, siendo la concentración de H_2S de 5 ppmv y con una concentración de VOC entre 0,1 y 1 ppmv. Por otro lado, Wu *et al.* (2001) estudiaron un biofiltro de escurrimiento a nivel de planta piloto en una EDAR, teniendo la corriente de aire a tratar una concentración máxima de H_2S de 20 ppmv y de VOCs de 70 a 120 g l⁻¹; y Morton and Caballero (1997) hicieron lo mismo llegando a tratar concentraciones máximas de H_2S de 380 ppmv. Por su parte, Shinabe *et al.* (1995) estudiaron la eliminación de H_2S y MM generados en una EDAR con *Thiobacillus thiooxidans*, siendo la concentración máxima de H_2S de 17 ppmv.

Como se puede observar, todas estas aplicaciones trataron concentraciones relativamente bajas de H_2S , pero las concentraciones de este compuesto son mucho mayores en el biogás procedente de la digestión anaerobia. En el biogás la concentración de H_2S varía entre 300 y 6000 ppmv (Nishimura and Yoda 1997; Schieder *et al.*, 2003). La producción de metano a partir de biomasa se puede llevar a cabo vía térmica o biológica. Mediante la vía térmica la conversión es rápida y completa, pero se requiere un bajo contenido en agua, puesto que si contiene mucha agua se requieren grandes cantidades de energía para la vaporización antes de la gasificación. Es por esto, que son más utilizados los procesos biológicos empleando bacterias metanogénicas.

El desarrollo de la biofiltración ha sido tan rápido en los últimos años que pueden existir en Europa unas 7500 plantas de tratamiento de gases, de las cuales aproximadamente la mitad se encuentran en plantas de tratamiento de aguas residuales y plantas de compostaje (Van Groenestijn and Kraakman 2005).

En cuanto a los procesos químicos es la industria de la celulosa una de las principales industrias generadoras de H_2S , gozando del rechazo popular. Los digestores anaerobios de las plantas de tratamiento de agua residuales de la industria del papel pueden llegar incluso hasta 30000 ppmv (Schieder *et al.*, 2003). A nivel mundial el principal proceso de

producción de celulosa es el “proceso Kraft”. En este proceso las astillas de madera son cocidas en una solución alcalina, basada en Na_2S y NaOH , para extraer la lignina. Los principales componentes de las emisiones son H_2S , MeSH , Me_2S y Me_2S_2 (Karnofski 1975), siendo el H_2S uno de los agentes más nocivos.

Otra industria química importante que genera H_2S es la industria del refinado del petróleo. El H_2S se encuentra naturalmente en la mayoría de los crudos y se forma también durante el procesamiento, debido a la descomposición de compuestos de azufre inestables. Los principales focos de emisión son: la destilación atmosférica, el craqueo (térmico o catalítico) y el hidrotratamiento.

Los procesos a alta temperatura, tales como las plantas de tratamiento de grasas animales, también son un importante foco de emisión. Mediante estas plantas se obtienen productos como colas, alimentos para peces y sebo. Los principales compuestos que se emiten son H_2S , MeSH , etanotiol y NH_3 (Lecomte *et al.*, 1995). Otros procesos que emiten H_2S a alta temperatura son las plantas de incineración de lodos (Smet and Van Langenhove 1998).

2.2.3 Usos

El H_2S se utiliza industrialmente en la manufactura de azufre elemental, agua pesada, industria metalúrgica, como reactivo analítico y en agricultura como desinfectante (Svendsen 2001).

2.2.4 Efectos sobre la salud

Existen tres rutas de asimilación del H_2S por el cuerpo humano: oxidación, metilación y reacciones con metaloproteínas. El principal camino de asimilación es el de oxidación, ya que al pH fisiológico (7,4) aproximadamente el 69% del H_2S se encuentra ionizado (HS^-). Como producto principal del metabolismo se obtiene el sulfato, aunque también se ha aislado tiosulfato de tejidos expuestos al H_2S (EPA 2003). La principal ruta de eliminación del cuerpo es mediante la orina; trabajadores voluntarios expuestos a concentraciones de 8, 18 y 30 ppmv durante 30-45 minutos dieron positivo en tiosulfato al analizar muestras de orina (Kangas and Savolainen 1987).

En la Tabla 2 se exponen los efectos que provocan las exposiciones a H₂S en ser humano (Krüger 2001).

[H₂S] ppmv	Posibles efectos sobre la salud
< 1	Olor detectable
10	Posible irritación en los ojos y garganta, pérdida del sueño después de exposiciones prolongadas. Efectos reversibles.
20-200	Irritación de ojos y tracto respiratorio, pérdida del olfato, dolor de cabeza y náuseas.
100	Inmediatamente peligroso para la vida y salud. Efectos irreversibles
200	La exposición continuada puede causar edema pulmonar así como inflamación de ojos y párpados (Queratoconjuntivitis)
500-700	Afecta al sistema nervioso central, exposiciones durante pocos minutos causan pérdida del conocimiento, equilibrio y cese de la respiración.
700-1000	Pérdida inmediata de la consciencia, daños permanentes en el cerebro y muerte si no se retira a la persona inmediatamente.

Tabla 0: Efectos sobre la salud: Exposiciones al ácido sulfhídrico

2.3 Cálculos para hallar el caudal

Ventilación es cambiar, renovar, extraer el aire interior de un recinto y sustituirlo por aire nuevo del exterior a fin de evitar su enrarecimiento. De no llevarse a cabo esta operación, la respiración de los seres vivos que ocupan el local haría dificultosa y molesta, siendo una molestia para las normales actividades que se desarrollan.

La ventilación de una nave industrial se puede llevar a cabo de diversas maneras, siempre y cuando cumplamos con el objetivo de mantener una concentración de sulfhídrico por debajo de las 10 p.p.m.

Una forma de realizar los cálculos necesarios para conocer el caudal a extraer es siguiendo las indicaciones del Ministerio de Salud e Higiene en el Trabajo. Éstas se pueden encontrar en la Nota Técnica de Prevención 741.

En nuestro caso necesitaremos de extracción mecánica para controlar el flujo de salida, con el fin de garantizar la corriente que haya de pasar por nuestra columna de absorción.

Sin embargo no necesitaremos de entradas de aire forzadas mecánicamente, sino que nos valen las entradas ya realizadas en la base de las paredes para que entre corriente de manera natural.

A esto se le denomina ventilación mixta por depresión:

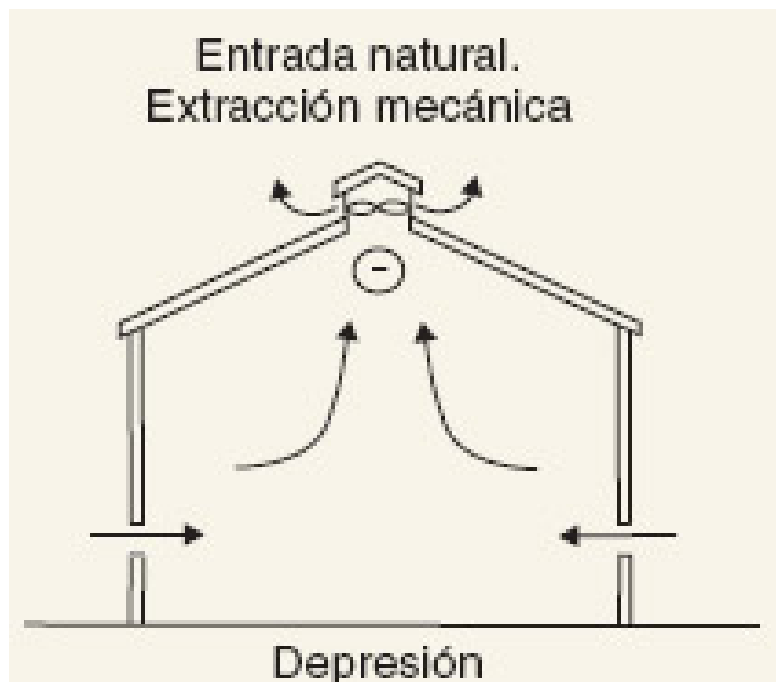


Ilustración 1: Ventilación mixta por depresión

El diseño de un sistema de ventilación para el control de riesgos para la salud se basa en los siguientes principios generales:

1. *Calcular el caudal de aire necesario* para conseguir una dilución suficiente del contaminante y mantener su concentración por debajo de un valor aceptable. El cálculo se basará en el tipo de contaminante, su nivel de generación y sus características físico-químicas. Para agentes químicos, se pueden encontrar estimaciones de las renovaciones necesarias por hora en función de la situación.
2. *Ubicar la salidas de aire* del local cerca de los focos de contaminación, consiguiendo así un cierto efecto "extracción localizada" de ese foco, además de evitar que el agente se disperse totalmente dentro del local. En cuanto a las entradas, se procurará que arrastren el aire limpio a las zonas más contaminadas, creando un cierto efecto "ventilación por desplazamiento".
3. *Considerar el recorrido esperable del aire en la zona*, de modo que, idealmente, la secuencia sea: entrada de aire-trabajador-foco-salida de aire. En la figura 2 se muestran situaciones correctas o incorrectas respecto a esta cuestión. Modelizar el movimiento de aire en un local no es en absoluto fácil. Aún así, debe estudiarse la posible existencia de zonas muertas, corrientes en el local debido a puertas, ventanas, movimientos naturales del aire, como ejemplo, la tendencia ascensional del aire caliente. Asimismo deberá evitarse el posible desconfort térmico de los trabajadores o la percepción de corrientes de aire molestas.
4. *Prever la reposición del aire extraído*, contemplando todas las fuentes que constituyen una demanda de aire (como los sistemas de extracción localizada). Aquí pueden darse dos situaciones diferentes:
 - Local a depresión o a presión negativa (con respecto a la atmosférica): se extrae más aire que el que entra. Esta situación puede ser conveniente cuando, además de la dilución de la contaminación del local, se pretende que esa contaminación no pase a otras áreas (por ejemplo, laboratorios, naves junto a oficinas, etc.).
 - Sin embargo, si no están previstos puntos de suministro de aire o el local es muy hermético, esto irá en perjuicio de la eficacia del sistema de ventilación, dado que, como no se puede hacer el vacío, el caudal de extracción se reduce.
 - Local a sobrepresión o a presión positiva (con respecto a la atmosférica): entra en el local más aire del que se extrae. El aire sobrante se difundirá por las aberturas o resquicios que encuentre. Esta situación es la que se

encuentra a menudo en edificios, por ejemplo de oficinas en los que además de ventilar se prepara el aire que se suministrará a los locales. En este caso no interesa la entrada incontrolada de aire del exterior sin tratar y a condiciones térmicas diferentes de las deseadas. Otros ejemplos: aislamiento del trabajador, cabinas de peaje autopista, etc.

5. *Evitar que el aire extraído vuelva a introducirse en el local* descargándolo a una altura suficiente por encima de la cubierta o asegurándose de que ninguna ventana, toma de aire exterior u otra abertura se encuentre situada cerca del punto de descarga. Para el caso de chimeneas en la parte superior de las naves, se aconseja que su altura sea por lo menos 1,3 veces la altura de la nave.

En nuestro caso, sólo debemos preocuparnos del primer punto en lo referente a mantener una concentración mínima del contaminante (Sulfhídrico) extrayendo un cierto caudal de la nave.

Según la NTP 741 tendremos que tener en cuenta los valores de la concentración existente, la velocidad de generación y el volumen de la nave industrial. Sin embargo, por simplicidad, nos ayudaremos de otro método de cálculo hallado en el documento .pdf “Memoria de cálculo: Instalación de ventilación”. Éste método sólo depende del volumen de la nave y de una estimación de las renovaciones por hora que se necesitan para el caso práctico que nos compete.

La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$Q = V \cdot N \quad V \equiv \text{Volumen de la nave} \quad N \equiv \text{renovaciones por hora}$$

Las dimensiones de la nave son las siguientes:

Planta: $(20 \cdot 12)m$

Altura: $6m$

Por lo tanto, el volumen de la nave será:

$$V = 20 \cdot 12 \cdot 6m^3 = 1.440m^3$$

Según el documento encontrado en internet en la siguiente dirección:

<http://www.ventdepot.com/mexico/temasdeinteres/ventilacion/factoresrenovacion/index.html>

Nuestro valor para las renovaciones por hora debe de ser de unas $20^{ren/h}$ según los casos que se asemejan al nuestro. Así pues, la ecuación que presentamos anteriormente quedará como:

$$Q = V \cdot N = 1.440m^3 \cdot 20^{ren/h} = 28.800m^3/h \approx 30.000m^3/h$$

2.4 Diseño del sistema de extracción

Teniendo en cuenta las dimensiones de la nave, usaremos un par de ventiladores distribuidos de forma equidistante con respecto a las paredes de la nave, situados en el techo. Estos ventiladores tendrán que ser capaces de extraer un mínimo de $15.000 \text{ m}^3/\text{h}$ cada uno para cumplir con el caudal mínimo total a extraer.

Además, los ventiladores deberán estar constituidos de materiales inoxidables debido a la corrosión que provoca el compuesto que nos interesa extraer, el sulfhídrico.

Los ventiladores que usaremos serán helicoidales por ser ideales para mover grandes volúmenes de aire en naves industriales y en general en todos aquellos ambientes en los que el nivel sonoro sea un factor importante.

Los extractores helicoidales HGB-T con accionamiento por poleas-bandas, normalizados en cinco diámetros: 800, 1000, 1250, 1500 y 1800 mm. Esta gama ofrece 22 configuraciones de hélicemotor con rangos de caudales desde $12,146 \text{ m}^3/\text{hr}$ hasta $136,875 \text{ m}^3/\text{hr}$.

El modelo HGB-T es el resultado de procesos productivos de alta tecnología y avanzados controles de calidad; cuentan con un diseño altamente eficiente, logrando grandes prestaciones con muy bajo consumo energético, gracias a los alabes de características especiales que eliminan turbulencias y reducen el nivel sonoro del equipo.



Ilustración 2: Ventiladores helicoidales HGB-T

Para nuestro diseño nos basta con un par de ventiladores que sean capaces de extraer, como mínimo, $15.000 \frac{m^3}{h}$. De esta manera elegiremos el modelo HGB-T-800-1, que cumple con nuestras condiciones de diseño, y es, además, muy silencioso y barato.

La disposición de estos ventiladores en el techo de la nave será la siguiente:

- Ambos estarán centrados con respecto al lado corto de la planta de la nave, quedando a 6m de cada pared larga.
- Con respecto a la pared larga de la planta de la nave, ambos se situarán a 5m de las paredes cortas de ésta, quedando separados entre ellos 10m.

El plano en planta de la nave industrial se puede ver en el apartado de planos de ésta memoria, para mayor ilustración.

Para canalizar esta corriente de aire hasta la entrada de nuestra columna de absorción, tendremos que usar conductos de ventilación. Éstos se han elegido de la marca Airtube, la cual tiene un catálogo suficientemente amplio para satisfacer nuestras especificaciones de diseño.

Necesitaremos unir el caudal extraído por ambos ventiladores en un mismo flujo de aire y, posteriormente, dirigirlo a la entrada de la columna de absorción que se instalará al otro lado de la fachada larga de la nave.

Para ello necesitamos las siguientes piezas:

- 2 x (reducciones): $A=B=1008\text{mm}$ $L=1000\text{mm}$
- 6 x (codo_reducción) $A=B=500\text{mm}$ $r=500\text{mm}$
- 1 x (bifurcación) $A=1500\text{mm}$ $B=500\text{mm}$ $L=2000\text{mm}$
- 4 x (Conducto recto) $A=B=500\text{mm}$ $L2=L3=3000\text{mm};$
 $L1=4250\text{mm};$
 $L4=6000\text{mm};$

La disposición de las piezas enumeradas se ilustra en el plano en planta de la nave y en el perfil de ésta. La hoja de características de las piezas seleccionadas se encuentra en los anexos del proyecto.

2.5 Pérdidas de carga

Todos estos conductos que canalizan el aire a la entrada de la columna conllevan una pérdida de carga que habrá que analizar para sobredimensionar el sistema de extracción de aire.

Para el cálculo de las pérdidas de carga, nos hemos apoyado el libro de texto: [Núria Cavallé Oller, 2006: “Higiene industrial: Problemas resueltos”, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Barcelona].

Primero debemos calcular el diámetro circular equivalente de nuestros conductos, ya que éstos son cuadrados:

$$\phi_{eq} = 1.3 \times \frac{(A \cdot B)^{0.625}}{(A + B)^{0.25}} = 1.3 \times \frac{(0.5m)^{2 \cdot 0.625}}{(1m)^{0.25}} = 1.3 \times \frac{0.4205}{1} = 0.54665m$$

Para calcular la velocidad a la que circula el aire:

$$Q = v \cdot S \longrightarrow v = \frac{Q}{S} = \frac{30000000 \frac{l}{h} \times \frac{1m^3}{1000l} \times \frac{1h}{3600s}}{\left(\frac{\phi_{eq}}{2}\right)^2 \times \pi} = 35.5 \frac{m}{s}$$

Según el libro consultado, las pérdidas dinámicas del sistema se pueden calcular de la siguiente manera:

$$v = 4.43 \cdot \sqrt{\frac{PD}{\rho}}; si : \rho = 1.2 \frac{Kg}{m^3} \longrightarrow v = 4.045 \cdot \sqrt{PD} \longrightarrow PD = \left(\frac{v}{4.045}\right)^2 = 77.052 mm.cda$$

El factor de pérdidas por metro en conductos por el método de la presión dinámica es:

$$n = 0.0155 \times \frac{v^{0.533}}{Q^{0.612}} = 0.0155 \times \frac{\left(35.5 \frac{m}{s}\right)^{0.533}}{\left(8.3 \frac{m^3}{s}\right)^{0.612}} = 0.02838 m^{-1}$$

El factor de pérdidas de los codos de nuestra instalación por metro será:

Si nuestra relación $R/\phi = 0.75/0.5 = 1.5 \longrightarrow n = 0.39m^{-1}$

Teniendo en cuenta que contamos con un total de 19250mm de conductos rectos y con una de codos de $6 \times \frac{750 \cdot \pi}{2} = 7068.58mm$, entonces:

$$PC = (19250 \times 0.02838) + (7068.58 \times 0.39) = 3303.0612mm \text{ cda}$$

2.6 Conclusiones

Tras estudiar los efectos del sulfhídrico y sus concentraciones máximas permitidas para la realización de un trabajo en esas condiciones, escogemos coger el valor de 10ppm que según TLV-TWA es el máximo permitido. Para mantenernos siempre por debajo de dicho valor, deberemos extraer un volumen de aire concreto por medio de ventiladores.

El cálculo realizado nos indica que debemos extraer un caudal mínimo de $30.000 \text{ m}^3/\text{h}$. Dada la geometría rectangular de la planta, decidimos extraer el volumen de aire calculado por medio de dos ventiladores, situados equidistantemente de las paredes y entre ellos. Los modelos HGB-T han sido elegidos por cumplir con la especificación de caudal mínimo a extraer, y por tener un nivel de sonoridad y precio bajos, aparte de estar fabricados con material antioxidante.

Las entradas de aire a la nave se realizarán por medio de las aberturas ya practicadas en la base de las paredes de la nave.

El sistema diseñado está sobredimensionado, de manera que las pérdidas de carga producidas en los conductos de ventilación, quedan contrarestadas.

Capítulo 3

Estudio del reactivo y las dimensiones de la columna de absorción

3.1 Introducción

Existen varios mecanismos que pueden utilizarse para hacer el retiro del sulfuro de hidrogeno dentro de la columna de absorción; a continuación de describen algunos:

El H_2S se hace pasar por un filtro empacado de limadura de hierro, reaccionando y formando sulfato de hierro, el inconveniente es que el filtro no es regenerable y también reacciona con el CO_2 saturándose muy rápidamente.

Utilizando un filtro empacado de carbón activado impregnado con $NaOH$ ó KOH , donde el H_2S reacciona con el material impregnado, el carbón se usa principalmente como soporte pasivo del material cáustico.

Las desventajas que presenta este método son: La impregnación decrece la temperatura de ignición del carbón con lo cual aparece un peligro de auto ignición, en estos sistemas el H_2S se oxida a azufre elemental el cual no puede ser removido con agua. Es alta la posibilidad de que los poros del carbón se llenen de sales de sodio, potasio y sulfuros saturándose.

Otra forma de eliminar el H_2S , es usar el carbón activado sin modificar ya que este material puede ser por si mismo un buen absorbente debido a sus características como son su gran área superficial, su microporosidad y su superficie química, aunque su velocidad de reacción no es tan rápida frente al del sistema con impregnación, en bajas concentraciones su eficiencia es mala.

Para nuestro caso, vamos a usar una columna de absorción con relleno de anillos Raschig y usaremos como reactivo líquido Cloruro de Hierro (Cl_3Fe).

3.2 Columnas de absorción

La absorción es una operación unitaria de transferencia de materia que consiste en poner un gas en contacto con un líquido para que éste disuelva determinados componentes del gas, que queda libre de los mismos. La absorción puede ser física o química, según que el gas se disuelva en el líquido absorbente o reaccione con él dando un nuevo compuesto químico.

Las columnas de relleno están llenas de elementos sólidos pequeños, inertes a las fases circulantes, distribuidos al azar u ordenadamente. La corriente de líquido se dispersa resbalando por su superficie, poniéndose en contacto íntimo con el vapor que circula en sentido contrario. En una sección determinada de la columna el líquido descendente y el vapor ascendente no estarán en equilibrio, por lo que se transferirán los componentes menos volátiles y más volátiles, en sentidos opuestos. Pero como el tiempo de contacto en cada sección de columna es muy corto, no se llega al equilibrio en ningún punto.

La fuerza impulsora actúa a lo largo de toda la columna.

Las columnas de platos poseen unas superficies planas (pisos) en el interior que dividen la columna en una serie de etapas.

Tienen por objeto retener una cierta cantidad de líquido en su superficie, a través de la cual se hace burbujear el vapor que asciende de la caldera, consiguiéndose así un buen contacto entre el vapor y el líquido. El líquido de un plato cae al plato siguiente por un rebosadero situado en el extremo del piso. El vapor que llega a un plato por debajo, y el líquido que le llega por encima, no están en equilibrio. En el plato tiene lugar la mezcla de ambas corrientes, produciéndose allí la transferencia de materia. La fuerza impulsora es la diferencia de composiciones entre las corrientes que llegan al plato y las correspondientes de equilibrio. En los platos de las columnas normalmente no se llega a alcanzar el equilibrio entre el líquido y el vapor que abandonan el plato. Un plato ideal o teórico sería aquél en el que este equilibrio sí se alcanzara. Sobre estos equipos se hablará más ampliamente en el siguiente tema.

Comparación entre columnas de platos y columnas de relleno

La mayoría de las separaciones o puede realizarse con columnas de platos o rellenas.

Existen diversos factores económicos a favor y en contra de cada tipo y pueden contradecirse. Por ejemplo, la complejidad de la columna es un

factor que favorece a las de platos, pero la columna demetanizadora de una planta de gas, que usa a menudo uno o más evaporadores intermedios es tradicionalmente del tipo rellena.

Factores que favorecen las columnas rellenas

Sistemas que operan a vacío.

La caída de presión es mucho menor que en las de platos porque el área abierta de los rellenos se acerca a la de la sección transversal de la torre, mientras que el área abierta de los platos es sólo 8 a 15 por ciento de la sección transversal de la torre.

También, la altura del líquido sobre el plato genera una caída de presión sustancial (típicamente es de aproximadamente 50 mm de líquido por plato), y está ausente en las columnas rellenas.

Generalmente, la caída de presión de un plato está en el orden de 10 mbar por etapa teórica, mientras que es de sólo 3 o 4 mbar por cada etapa teórica equivalente con rellenos al azar y la mitad de ese valor con rellenos estructurados.

Considere una columna de vacío con 10 etapas teóricas, operando a 70-mbar de presión de la cabeza. La presión del fondo será 170 mbar con platos, pero sólo 90 a 110 mbar con rellenos.

La torre rellena tendrá una mucho mayor volatilidad relativa en el fondo, reduciendo así el reflujo, la energía utilizada por el evaporador y la temperatura del fondo. Además de los beneficios enumerados, la menor temperatura se traduce en menor degradación del producto y mayor capacidad.

Aplicaciones a bajas caídas de presión.

Cuando el gas se mueve por un ventilador a través de la torre, o cuando la torre está en la succión de un compresor, la caída de presión del relleno es a menudo un condicionante en el diseño.

Esto es particularmente verdad para torres que operan cerca de la presión atmosférica. Aquí la caída de presión excesiva en la torre aumenta el tamaño del ventilador o compresor (planta nueva), o genera cuellos de botella (en plantas existentes), y aumenta fuertemente el consumo de energía.

Debido a la relación de compresión, la caída de presión en la descarga del compresor es mucho menos importante y raramente se convierte en una condición controlante.

Renovaciones.

La ventaja de la menor caída de presión es inestimable en columnas de vacío a remodelar, puede traducirse a una ganancia de capacidad, de energía, una mejora de la separación, o varias combinaciones de éstos beneficios.

Igualmente, para las torres en la succión de compresores, el reemplazo de platos por rellenos reduce la relación de compresión y los cuellos de botella del compresor.

Los rellenos también permiten un intercambio fácil entre capacidad y separación.

En las secciones cargadas de la torre, los rellenos más grandes pueden superar los cuellos de botella de capacidad con cierta pérdida en la separación. La pérdida de separación puede recobrase a menudo por el reemplazo con rellenos más pequeños en las secciones de la torre que no están tan exigidas. En las torres de platos, la modificación del espaciado de los platos da resultados similares pero es más difícil realizar.

Espuma (y emulsión).

Las bajas velocidades del gas y del líquido en los rellenos al azar suprimen la formación de espuma. El área abierta de los rellenos al azar más grandes promueve la dispersión de la espuma. Ambos atributos hacen que los rellenos al azar excelentes para sistemas que producen espumas. En muchos casos el espumando recurrente se alivió reemplazando las platos por rellenos al azar, sobre todo cuando los vertederos se diseñaron pobremente. Cambiando platos por relleno estructurado se puede agravar espumando. Mientras bajas velocidades del gas y del líquido ayudan, las paredes sólidas restringen el movimiento lateral de las espumas y le dan apoyo.

Columnas de pequeño-diámetro.

Las columnas con un diámetro menor de 1 m (3 pies) son difíciles de acceder por dentro para instalar y mantener los platos. En estos casos se usan a menudo "Cartuchos" de platos o se sobredimensiona el diámetro. Cualquier opción es cara.

Los cartuchos también presentan problemas con el sellado contra la pared de la torre [Arenas, Chem. Eng., pág. 86 (abril de 2006)]. El relleno es normalmente una alternativa más barata y conveniente.

Sistemas corrosivos.

El rango práctico de los materiales del relleno es más extenso. Los rellenos cerámicos y plásticos son baratos y eficaces. Los platos pueden fabricarse con elementos no metálicos, pero el relleno normalmente es una alternativa más barata y conveniente.

Retención de líquido.

Los rellenos tienen más baja retención de líquido que los platos. Esto es a menudo ventajoso para reducir la polimerización, la degradación o el inventario de materiales peligrosos.

Destilación discontinua.

Debido a la menor retención de líquido de los rellenos, puede recuperarse un porcentaje superior del líquido como producto por tope.

Factores que favorecen las columnas de platos

Sólidos.

Los platos permiten el manejo de sólidos mucho más fácilmente que los rellenos.

Tanto las velocidades del gas y del líquido en los platos son a menudo un orden de magnitud superiores que las que existen a través de los rellenos, proporcionando una acción de barrido que mantiene limpias las aperturas de los platos.

Los sólidos tienden a acumularse en los huecos del relleno. Hay menos ubicaciones en los platos donde los sólidos se pueden depositar. El taponamiento de los distribuidores líquidos es un problema común. La limpieza de los platos es más fácil que la limpieza de los rellenos. No todos los platos son resistentes al ensuciamiento. Los platos resistentes al ensuciamiento tienen agujeros más grandes o válvulas fijas grandes y deben ser usados cuando el taponamiento o el ensuciamiento son importantes.

Hay varias alternativas que pueden aplicarse para aliviar el taponamiento de los rellenos al azar. El relleno grande, abierto retiene sólidos con mínima pérdida de carga.

Distribuidores que se soportan mejor los sólidos tienen los agujeros grandes (13-mm de diámetro). Los agujeros grandes útiles cuando se utilizan altos caudales de líquido, pero a menudo no son prácticos para caudales de líquido pequeños.

Mala distribución.

La sensibilidad de relleno a la mala distribución del líquido y del gas ha sido una causa común de fracaso en torres rellenas. Los problemas de mala distribución son muy severos en torres de gran diámetro, grandes alturas de relleno, caudales de líquido pequeños y rellenos pequeños.

El relleno estructurado es generalmente más propenso a la mala distribución que el relleno al azar. Mientras que un buen distribuidor y la

realización de inspecciones regulares pueden eliminar la mayoría de los problemas de la mala distribución, los pequeños detalles pueden convertir un éxito en un fracaso.

Debido a la mala distribución, hay muchos más fracasos experimentados con rellenos que con platos, y se deben realizar más ensayos para que operen correctamente que con los platos.

Torres complejas.

Los condensadores o evaporadores intermedios, serpentines de intercambio y extracciones laterales se pueden incorporar más fácilmente en las columnas de platos que en torres rellenas. En las torres rellenas, cada corriente que ingresa o egresa de la columna requiere la recolección y la distribución adicional del líquido.

Variación en la composición de la alimentación.

Una manera de diseñar cuando hay incertidumbres o variación de la composición de la alimentación, es instalando puntos de alimentación alternativos. En las torres rellenas, cada punto de alimentación alternativo requiere de un equipo de distribución de líquidos que es caro.

Predicción del comportamiento.

Debido a su sensibilidad a la mala distribución hay mayor incertidumbre prediciendo el comportamiento de las columnas rellenas.

Reacción química, absorción.

Aquí la el retención del líquido es más alto en los platos manteniendo un mayor tiempo de residencia favoreciendo la absorción o y la reacción química que lo que se logra con rellenos.

Turndown. (O relación entre flujo máximo y flujo mínimo de operación)

Válvula y tazas de burbujeo normalmente dan mayores turndown que los rellenos.

A menos que los distribuidores usados sean muy caros, el turndown de las torres rellenas está normalmente limitado por el turndown del distribuidor.

Peso.

Las torres de platos normalmente pesan menos que las torres rellenas, ahorrando en el costo de cimentaciones, soportes y paredes de la columna.

Platos contra Rellenos al Azar

Los factores siguientes generalmente favorecen a las platos en comparación a los rellenos del azar, pero no comparados con rellenos estructurados.

Bajos caudales de líquido.

Con la ayuda de vertederos dentados, platos de flujo reverso y platos de tazas de burbujeo, pueden ser bien manejados caudales bajos de líquido en las columnas de platos.

Los rellenos al azar padecen el secado (dewetting) y tienen mayor sensibilidad a la mala distribución a caudales de líquido bajos.

Olas del proceso.

Los rellenos del azar son normalmente más problemáticos que los platos en los servicios propensos a generar olas (surge) (por ejemplo, aquéllos causados por el ingreso de un tapón de agua en una torre de destilación a alta temperatura, el disparo de válvulas de alivio, el funcionamiento de un compresor, las olas, o la inestabilidad de lazos de sello líquidos). Los rellenos estructurados normalmente son menos problemáticos que los platos en ese tipo de operaciones.

Platos contra Rellenos Estructurados

Los factores siguientes favorecen a los platos en comparación con los rellenos estructurados, pero no en comparación con los rellenos al azar.

Ignición del relleno.

Las hojas delgadas con que están contruidos los rellenos estructurados (típicamente 0.1 el mm) disipan pobremente el calor de los puntos calientes. También, las operaciones de limpieza, enfriamiento y lavado pueden ser difíciles, sobre todo cuando se taponan los distribuidores o el relleno.

Se ha informado sobre muchos incidentes de ignición de columnas de relleno durante las operaciones de mantenimiento (mientras que el interior de las torres con los rellenos estructurados quedan expuestos a la atmósfera). La mayoría de estos incendios han comenzado por los depósitos pirofóricos, el trabajo caliente (por ejemplo, soldadura) sobre el relleno, por la apertura de la torre mientras se hallaban presentes compuestos orgánicos calientes y rellenos que no era resistentes al fuego.

Una discusión detallada puede encontrarse en la Investigación de Fractionation

Inc. (FRI) el Comité de Prácticas de Plan, "las Causas y Prevención de Fuegos del Relleno," Chem. Eng., de julio de 2007.

Materiales de construcción.

Debido a las hojas delgadas con que están contruidos los rellenos estructurados, sus materiales de construcción necesitan alta resistencia a la oxidación o corrosión. Para un servicio en que el acero al carbono es normalmente satisfactorio en una columna de platos, el acero inoxidable es normalmente el más apto para los rellenos estructurados.

Inspección de la pared de la columna.

Debido a su instalación ajustada sobre las paredes de la columna, los rellenos estructurados se dañan fácilmente durante su remoción. Esto hace difícil la inspección de la pared de la columna (por ejemplo, para verificar la existencia de corrosión).

Lavado y purgado.

La eliminación completa de residuos líquidos, agua de lavado, aire, o gas de proceso entrampados en los rellenos estructurados al inicio y al final de la operación es más difícil que con platos. La eliminación inadecuada de estos fluidos puede ser peligrosa.

Altos caudales de líquido.

Las platos del tipo multipaso manejan eficazmente la carga líquida ya que disminuyen la cantidad "vista" por cada parte del plato. Con los rellenos no puede aplicarse una estrategia similar. La capacidad de los rellenos estructurados tiende disminuir rápidamente a caudales de líquido altos.

Capacidad y Comparación de Eficacia

Kister et al. [Chem. Eng. Progr., 90(2), 23 (1994)] reportaron un estudio de la capacidad relativa y la eficacia de platos convencionales, rellenos al azar modernos, y rellenos estructurados convencionales.

Encontraron que para cada dispositivo diseñado óptimamente para cumplir con los requisitos proceso, se podría desarrollar una guía aproximada en base al parámetro de flujo $L/G \left(\frac{\rho_G}{\rho_L} \right)^{0.5}$ y pudiendo extraerse las conclusiones provisionales siguientes:

Parámetro de flujo 0.02-0.1

1. Los platos y los rellenos al azar tienen la misma eficacia y capacidad.
2. La eficacia de los rellenos estructurados es aproximadamente 1.5 veces la de los platos o rellenos al azar.

3. A un valor del parámetro de 0.02, el relleno estructurado tiene de 1.3 a 1.4 veces la capacidad de los rellenos al azar o de los platos. Esta ventaja desaparece cuando el parámetro se acerca a 0.1.

Parámetro de flujo 0.1-0.3

1. Los platos y rellenos del azar tienen aproximadamente la misma eficacia y capacidad.
2. Los rellenos estructurados tiene aproximadamente la misma capacidad que los platos y los rellenos al azar.
3. La de eficacia de los rellenos estructurados por encima de la de los rellenos al azar y la de los platos disminuye de 1.5 a 1.2 a medida que el parámetro aumenta de 0.1 a 0.3.

Parámetro de flujo 0.3-0.5

1. La pérdida de capacidad de relleno estructurado es la más grande en este rango
2. El relleno al azar parece tener la capacidad más alta y la eficacia con los platos convencionales sólo ligeramente por detrás. El relleno estructurado tiene la menor capacidad y eficacia. La experiencia indica que el uso de rellenos estructurados al trabajar en la región de altas presiones (altos parámetros de flujo) tiene como consecuencia que se perjudica la capacidad y eficacia de los mismos.
3. Zuiderweg y Nutter [IChemE Symp. Ser. 128, A481 (1992)] explican la pérdida de capacidad y eficacia por un alto grado de retromezclado y reciclado de vapor a altos parámetros de flujo, promovidos por las paredes sólidas de las capas de relleno corrugadas.

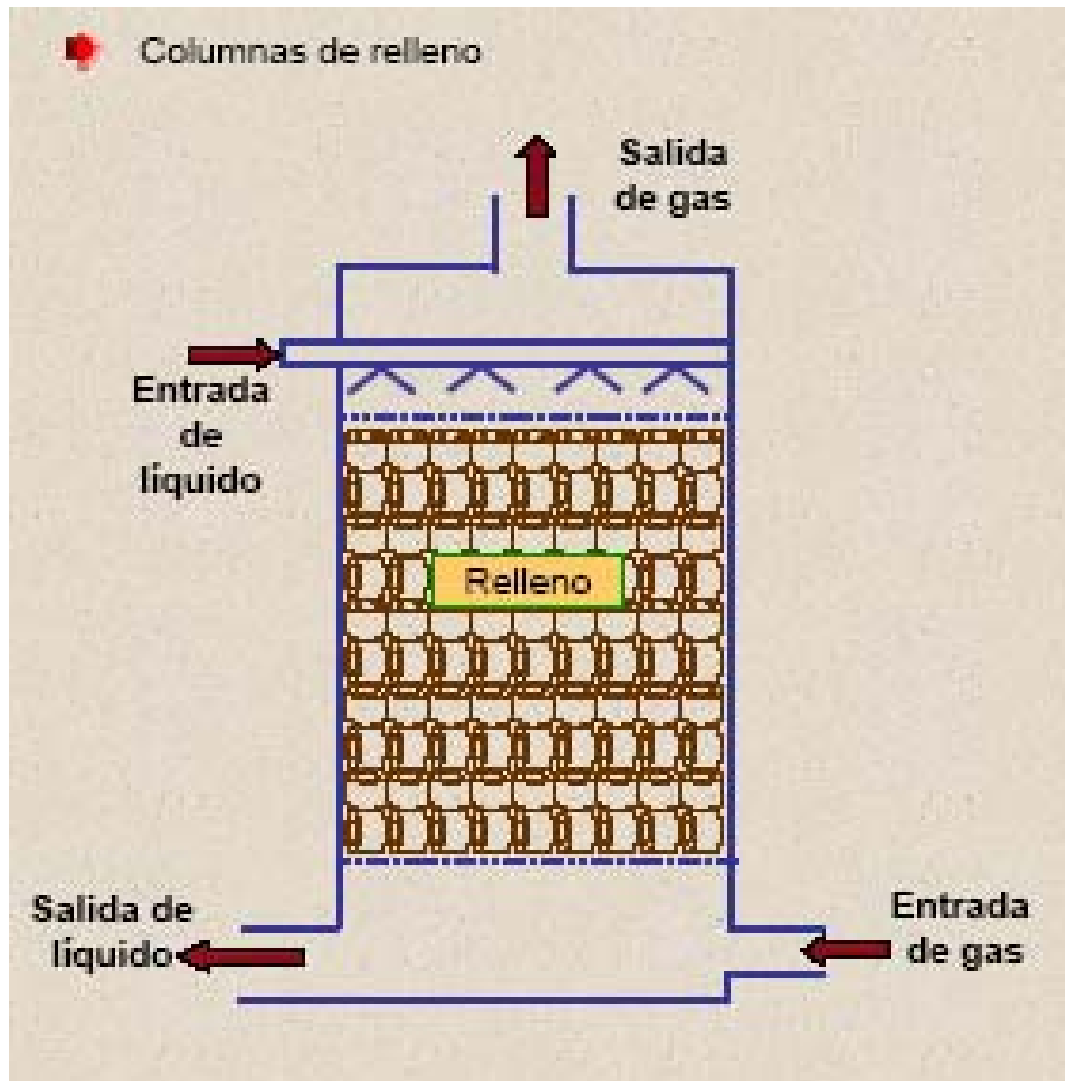


Ilustración 3: Columna de absorción de relleno

3.3 Cloruro de Hierro (hoja de datos de seguridad)

1. IDENTIFICACIÓN DE LA MEZCLA Y DE LA SOCIEDAD O LA EMPRESA.

1.1 Identificador del producto.

Nombre del producto: HIERRO III CLORURO SOLUCION 40 % PRS

Código del producto: C4000

1.2 Usos pertinentes identificados de la mezcla y usos desaconsejados.

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad.

Empresa: **Rams-Martínez, S.L. [Group T3]**
Dirección: Torrent d'en Baiell, 36
Población: 08181-SENTMENAT
Provincia: Barcelona
Teléfono: +34 937152001
Fax: +34 937152379
E-mail: msds@groupt3.com

1.4 Teléfono de emergencia: +34 915620420

2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PELIGROS.

2.1 Clasificación de la mezcla.

Según la Directiva 67/548/EEC:

Nocivo por ingestión.

Irrita la piel.

Riesgo de lesiones oculares graves.

Según el Reglamento (EU) No 1272/2008:

Tox. ag. 4 : Nocivo en caso de ingestión.

Les. oc. 1 : Provoca lesiones oculares graves.

Irrit. cut. 2 : Provoca irritación cutánea.

2.2 Elementos de la etiqueta.

Etiquetado conforme a la Directiva 67/548/CEE:

Frases R:

R22 Nocivo por ingestión.

R38 Irrita la piel.

R41 Riesgo de lesiones oculares graves.

Frases S:

S26 En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

S39 Úsele protección para los ojos/la cara.

Etiquetado conforme al Reglamento (EU) No 1272/2008:

Pictogramas:



Ilustración 4: Provoca irritación

Palabra de advertencia:

Peligro

Frases H:

H302 Nocivo en caso de ingestión.

H315 Provoca irritación cutánea.

H318 Provoca lesiones oculares graves.

Frases P:

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P301+P312 EN CASO DE INGESTIÓN: Llamar a un CENTRO DE INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA o a un médico si se encuentra mal.

P302+P352 EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL: Lavar con agua y jabón abundantes.

P332+P313 En caso de irritación cutánea: Consultar a un médico.

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

Indicaciones de peligro suplementarias:

EUH070 Tóxico en contacto con los ojos.

2.3 Otros peligros.

En condiciones de uso normal y en su forma original, el producto no tiene ningún otro efecto negativo para la salud y el medio ambiente.

3. COMPOSICIÓN/INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES.

3.1 Mezclas.

Sustancias peligrosas para la salud o el medio ambiente:

Identificadores	Nombre	Concentración	(*)Clasificación -Reglamento 1272/2008	(*)Clasificación -Directiva 67/548/CEE
N. Índice: N. CAS:10025-77-1 N. CE:231-729-4 N. registro:N/D	HIERRO III CLORURO 6-HIDRATO	25 - 50 %	Tox. ag. 4, H302 - Les. oc. 1, H318 - Irrit., cut. 2, H315	Xn R22 R38 R41

(*) El texto completo de las frases R y H se detalla en el apartado 16 de esta Ficha de Seguridad.

4 PRIMEROS AUXILIOS.

PREPARADO IRRITANTE. Su contacto repetido o prolongado con la piel o las mucosas, puede causar síntomas irritantes, tales como enrojecimiento, ampollas o dermatitis. Algunos de los síntomas pueden no ser inmediatos. Pueden producirse reacciones alérgicas en la piel.

4.1 Descripción de los primeros auxilios.

En los casos de duda, o cuando persistan los síntomas de malestar, solicitar atención médica. No administrar nunca nada por vía oral a personas que se encuentre inconscientes.

Inhalación.

Situar al accidentado al aire libre, mantenerle caliente y en reposo, si la respiración es irregular o se detiene, practicar respiración artificial. No administrar nada por la boca. Si está inconsciente, ponerle en una posición adecuada y buscar ayuda médica.

Contacto con los ojos.

En caso de llevar lentes de contacto, quitarlas. Lavar abundantemente los ojos con agua limpia y fresca durante, por lo menos, 10 minutos, tirando hacia arriba de los párpados y buscar asistencia médica.

Contacto con la piel.

Quitar la ropa contaminada. Lavar la piel vigorosamente con agua y jabón o un limpiador de piel adecuado. **NUNCA** utilizar disolventes o diluyentes.

Ingestión.

Si accidentalmente se ha ingerido, buscar inmediatamente atención médica. Mantenerle en reposo. **NUNCA** provocar el vómito.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados.

Producto Nocivo, una exposición prolongada por inhalación puede causar efectos anestésicos y la necesidad de asistencia médica inmediata.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente.

En los casos de duda, o cuando persistan los síntomas de malestar, solicitar atención médica. No administrar nunca nada por vía oral a personas que se encuentre inconscientes.

5 MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS.

5.1 Medios de extinción.

Medios de extinción recomendados.

Polvo extintor o CO₂. En caso de incendios más graves también espuma resistente al alcohol y agua pulverizada. No usar para la extinción chorro directo de agua.

5.2 Peligros específicos derivados de la mezcla. Riesgos especiales.

El fuego puede producir un espeso humo negro. Como consecuencia de la descomposición térmica, pueden formarse productos peligrosos: monóxido de carbono, dióxido de carbono. La exposición a los productos de combustión o descomposición puede ser perjudicial para la salud.

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios.

Refrigerar con agua los tanques, cisternas o recipientes próximos a la fuente de calor o fuego. Tener en cuenta la dirección del viento. Evitar que los productos utilizados en la lucha contra incendio, pasen a desagües, alcantarillas o cursos de agua.

Equipo de protección contra incendios.

Según la magnitud del incendio, puede ser necesario el uso de trajes de protección contra el calor, equipo respiratorio autónomo, guantes, gafas protectoras o máscaras faciales y botas.

6 MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL.

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia.

Para control de exposición y medidas de protección individual, ver epígrafe 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente.

Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales o subterráneas, así como del suelo.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza.

Recoger el vertido con materiales absorbentes no combustibles (tierra, arena, vermiculita, tierra de diatomeas...).

Verter el producto y el absorbente en un contenedor adecuado. La zona contaminada debe limpiarse inmediatamente con un descontaminante adecuado. Echar el descontaminante a los restos y dejarlo durante varios días hasta que no se produzca reacción, en un envase sin cerrar.

6.4 Referencia a otras secciones.

Para control de exposición y medidas de protección individual, ver epígrafe 8.

Para la eliminación de los residuos, seguir las recomendaciones del epígrafe 13.

7 MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO.

7.1 Precauciones para una manipulación segura.

Para la protección personal, ver epígrafe 8. No emplear nunca presión para vaciar los envases, no son recipientes resistentes a la presión.

En la zona de aplicación debe estar prohibido fumar, comer y beber.

Cumplir con la legislación sobre seguridad e higiene en el trabajo.

Conservar el producto en envases de un material idéntico al original.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades.

Almacenar según la legislación local. Observar las indicaciones de la etiqueta.

Almacenar los envases entre 5 y 35° C, en un lugar seco y bien ventilado, lejos de fuentes de calor y de la luz solar directa. Mantener lejos de puntos de ignición.

Mantener lejos de agentes oxidantes y de materiales fuertemente ácidos o alcalinos.

No fumar. Evitar la entrada a personas no autorizadas. Una vez abiertos los envases, han de volverse a cerrar cuidadosamente y colocarlos verticalmente para evitar derrames.

7.3 Usos específicos finales.

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL.

8.1 Parámetros de control.

El producto NO contiene sustancias con Valores Límite Ambientales de Exposición Profesional.

8.2 Controles de la exposición. Medidas de orden técnico:

Proveer una ventilación adecuada, lo cual puede conseguirse mediante una buena extracción-ventilación local y un buen sistema general de extracción.

Protección respiratoria:

EPI: Máscara filtrante para la protección contra gases y partículas

Características: Marcado «CE» Categoría III. La máscara debe tener amplio campo de visión y forma anatómica para ofrecer estanqueidad y hermeticidad.

Normas CEN: EN 136, EN 140, EN 405



Ilustración 5: Protección respiratoria

Mantenimiento: No se debe almacenar en lugares expuestos a temperaturas elevadas y ambientes húmedos antes de su utilización. Se debe controlar especialmente el estado de las válvulas de inhalación y exhalación del adaptador facial.

Observaciones: Se deberán leer atentamente las instrucciones del fabricante al respecto del uso y mantenimiento del equipo. Se acoplarán al equipo los filtros necesarios en

función de las características específicas del riesgo (Partículas y aerosoles: P1-P2-P3, Gases y vapores: A-B-E-K-AX) cambiándose según aconseje el fabricante.

Protección de las manos:

EPI: Guantes de protección contra productos químicos

Características: Marcado «CE» Categoría III.

Normas CEN: EN 374-1, EN 374-2, EN 374-3, EN 420



Ilustración 6: Protección de las manos

Mantenimiento: Se guardarán en un lugar seco, alejados de posibles fuentes de calor, y se evitará la exposición a los rayos solares en la medida de lo posible. No se realizarán sobre los guantes modificaciones que puedan alterar su resistencia ni se aplicarán pinturas, disolventes o adhesivos.

Observaciones: Los guantes deben ser de la talla correcta, y ajustarse a la mano sin quedar demasiado holgados ni demasiado apretados. Se deberán utilizar siempre con las manos limpias y secas.

Las cremas protectoras pueden ayudar a proteger las zonas de la piel expuestas, dichas cremas no deben aplicarse **NUNCA** una vez que la exposición se haya producido.

Protección de los ojos:

EPI: Gafas de protección con montura integral

Características: Marcado «CE» Categoría II. Protector de ojos de montura integral para la protección contra polvo, humos, nieblas y vapores.

Normas CEN: EN 165, EN 166, EN 167, EN 168



Ilustración 7: Protección de los ojos

Mantenimiento: La visibilidad a través de los oculares debe ser óptima para lo cual estos elementos se deben limpiar a diario, los protectores deben desinfectarse periódicamente siguiendo las instrucciones del fabricante.

Observaciones: Indicadores de deterioro pueden ser: coloración amarilla de los oculares, arañazos superficiales en los oculares, rasgaduras, etc.

Protección de la piel:

EPI: Ropa de protección con propiedades antiestáticas

Características: Marcado «CE» Categoría II. La ropa de protección no debe ser estrecha o estar suelta para que no interfiera en los movimientos del usuario.

Normas CEN: EN 340, EN 1149-1, EN 1149-2, EN 1149-3, EN 1149-5



Ilustración 8: Ropa de protección

Mantenimiento: Se deben seguir las instrucciones de lavado y conservación proporcionadas por el fabricante para garantizar una protección invariable.

Observaciones: La ropa de protección debería proporcionar un nivel de confort consistente con el nivel de protección que debe proporcionar contra el riesgo contra el que protege, con las condiciones ambientales, el nivel de actividad del usuario y el tiempo de uso previsto.

EPI: Calzado de protección con propiedades antiestáticas

Características: Marcado «CE» Categoría II.

Normas CEN: EN ISO 13287, EN ISO 20344, EN ISO 20346



Ilustración 9: Calzado de protección

Mantenimiento: El calzado debe ser objeto de un control regular, si su estado es deficiente se deberá dejar de utilizar y ser reemplazado.

Observaciones: La comodidad en el uso y la aceptabilidad son factores que se valoran de modo muy distinto según los individuos. Por tanto conviene probar distintos modelos de calzado y, a ser posible, anchos distintos.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas.

Aspecto: Líquido de olor y color característico

Olor: Inodoro

Color: Amarillo oscuro

pH: 1.5

Densidad relativa: 1.49 g/cm³ gr/cm³

Solubilidad: Total en agua a 20 °C

9.2. Información adicional.

Liposolubilidad: N/D

Hidrosolubilidad: N/D

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.

10.1 Reactividad.

El producto no presenta peligros debido a su reactividad.

10.2 Estabilidad química.

Estable bajo las condiciones de manipulación y almacenamiento recomendadas (ver epígrafe 7).

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas.

El producto no presenta posibilidad de reacciones peligrosas.

10.4 Condiciones que deben evitarse.

Evitar temperaturas cercanas al punto de inflamación, no calentar contenedores cerrados.

10.5 Materiales incompatibles.

Mantener alejado de agentes oxidantes y de materiales fuertemente alcalinos o ácidos, a fin de evitar reacciones exotérmicas.

10.6 Productos de descomposición peligrosos.

En caso de incendio se pueden generar productos de descomposición peligrosos, tales como monóxido y dióxido de carbono, humos y óxidos de nitrógeno.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.

PREPARADO IRRITANTE. Su contacto repetido o prolongado con la piel o las mucosas, puede causar síntomas irritantes, tales como enrojecimiento, ampollas o dermatitis. Algunos de los síntomas pueden no ser inmediatos. Pueden producirse reacciones alérgicas en la piel.

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos.

No existen datos disponibles ensayados del producto.

El contacto repetido o prolongado con el producto, puede causar la eliminación de la grasa de la piel, dando lugar a una dermatitis de contacto no alérgica y a que se absorba el producto a través de la piel.

Las salpicaduras en los ojos pueden causar irritación y daños reversibles.

No se dispone de información relativa a la toxicidad de las sustancias presentes.

12. INFORMACIONES ECOLÓGICAS.

12.1 Toxicidad.

No se dispone de información relativa a la Ecotoxicidad de las sustancias presentes.

12.2 Persistencia y degradabilidad.

No existe información disponible sobre la persistencia y degradabilidad del producto.

12.3 Potencial de Bioacumulación.

No se dispone de información relativa a la Bioacumulación de las sustancias presentes.

12.4 Movilidad en el suelo.

No existe información disponible sobre la movilidad en el suelo.

No se debe permitir que el producto pase a las alcantarillas o a cursos de agua.

Evitar la penetración en el terreno.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB.

No existe información disponible sobre la valoración PBT y mPmB del producto.

12.6 Otros efectos adversos.

No existe información disponible sobre otros efectos adversos para el medio ambiente.

13. CONSIDERACIONES SOBRE LA ELIMINACIÓN.

13.1 Métodos para el tratamiento de residuos.

No se permite su vertido en alcantarillas o cursos de agua. Los residuos y envases vacíos deben manipularse y eliminarse de acuerdo con las legislaciones local/nacional vigentes.

Seguir las disposiciones de la Directiva 91/689/CEE respecto a la gestión de residuos.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE.

Transportar siguiendo las normas ADR/TPC para el transporte por carretera, las RID por ferrocarril, las IMDG por mar y las ICAO/IATA para transporte aéreo.

Tierra: Transporte por carretera: ADR, Transporte por ferrocarril: RID.

Documentación de transporte: Carta de porte e Instrucciones escritas.

Mar: Transporte por barco: IMDG.

Documentación de transporte: Conocimiento de embarque.

Aire: Transporte en avión: IATA/ICAO.

Documento de transporte: Conocimiento aéreo.

14.1 Número ONU.

Nº UN: UN2582

14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas.

Descripción: UN 2582 CLORURO FÉRRICO, SOLUCIÓN, 8, GE III, (E)

14.3 Clase(s) de peligro para el transporte.

Clase(s): 8

14.4 Grupo de embalaje.

Grupo de embalaje: III

14.5 Peligros para el medio ambiente.

Contaminante marino: No

14.6 Precauciones particulares para los usuarios.

Etiquetas: 8



Ilustración 10: N° de peligro 80

Número de peligro: 80

Transporte por barco, FEm - Fichas de emergencia (F – Incendio, S – Derrames): F-A,S-B

Actuar según el punto 6.

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC.

El producto no está afectado por el transporte a granel en buques.

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la mezcla.

El producto no está afectado por el Reglamento (CE) N° 2037/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 29 de junio de 2000, sobre las sustancias que agotan la capa de ozono.

Consultar el anexo I de la Directiva 96/82/CE del Consejo relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas y el Reglamento (CE) No 689/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de junio de 2008, relativo a la exportación e importación de productos químicos peligrosos.

15.2 Evaluación de la seguridad química.

No se ha llevado a cabo una evaluación de la seguridad química del producto.

16. OTRAS INFORMACIONES.

Texto completo de las frases R que aparecen en el epígrafe 3:

R22	Nocivo por ingestión.
R38	Irrita la piel.
R41	Riesgo de lesiones oculares graves.

Texto completo de las frases H que aparecen en el epígrafe 3:

H302	Nocivo en caso de ingestión.
H315	Provoca irritación cutánea.
H318	Provoca lesiones oculares graves.

Se aconseja realizar formación básica con respecto a seguridad e higiene laboral para realizar una correcta manipulación del producto.

La información facilitada en esta ficha de Datos de Seguridad ha sido redactada de acuerdo con el REGLAMENTO (UE) No 453/2010 DE LA COMISIÓN de 20 de mayo de 2010 por el que se modifica el Reglamento (CE) nº 1907/2006 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 18 de diciembre de 2006 relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH), por el que se crea la Agencia Europea de Sustancias y Preparados Químicos, se modifica la Directiva 1999/45/CE y se derogan el Reglamento (CEE) nº 793/93 del Consejo y el Reglamento (CE) nº 1488/94 de la Comisión así como la Directiva 76/769/CEE del Consejo y las Directivas 91/155/CEE, 93/67/CEE, 93/105/CE y 2000/21/CE de la Comisión.

La información de esta Ficha de Datos de Seguridad del Preparado está basada en los conocimientos actuales y en las leyes vigentes de la CE y nacionales, en cuanto que las condiciones de trabajo de los usuarios están fuera de nuestro conocimiento y control. El producto no debe utilizarse para fines distintos a aquellos que se especifican, sin tener primero una instrucción por escrito, de su manejo. Es siempre responsabilidad del usuario tomar las medidas oportunas con el fin de cumplir con las exigencias establecidas en las legislaciones.

3.4 Rellenos de columnas y dispositivos interiores

Tipos de relleno

Los principales requisitos que debe cumplir el relleno de una columna son:

- a) Proporcionar una gran área superficial: área interfacial alta entre el gas y el líquido.
- b) Tener una estructura abierta: baja resistencia al flujo de gas.
- c) Facilitar la distribución uniforme del líquido sobre su superficie.
- d) Facilitar el paso uniforme del vapor a través de toda la sección de la columna.

Para satisfacer estos requerimientos se han desarrollado distintos tipos de relleno. Se pueden dividir en dos grupos: relleno ordenado (dispuesto de una forma regular dentro de la columna) y relleno al azar.

Los primeros (rejillas, mallas, rellenos ordenados...) tienen una estructura abierta, y se usan para velocidades de gas elevadas donde se necesita una pérdida de presión baja (por ejemplo en las torres de enfriamiento). La interfase vapor-líquido es estacionaria y depende fundamentalmente del mojado de la superficie y la capilaridad. Por tanto, es de esperar que haya buena eficacia aún para flujos de líquido bajos.

Los rellenos al azar son más comunes. Con este tipo de relleno (al igual que en las columnas de platos), la interfase de vapor-líquido se crea por combinación de los efectos de penetración de superficie, burbujeo y formación de niebla. En la

Figura 1 se muestran los principales tipos de rellenos comerciales.

Cada uno de estos tipos tiene sus características de diseño

-tamaño, densidad, área superficial, factor de relleno (constante determinada experimentalmente, relacionada con el cociente entre el área del relleno y el cubo de la fracción hueca del lecho, que se utiliza para predecir la caída de presión y la inundación del lecho en función de las velocidades de flujo y de las propiedades de los fluidos),... Estas propiedades se pueden encontrar tabuladas en distintos manuales. Por ejemplo la Tabla 1 muestra estos datos para una serie de rellenos.

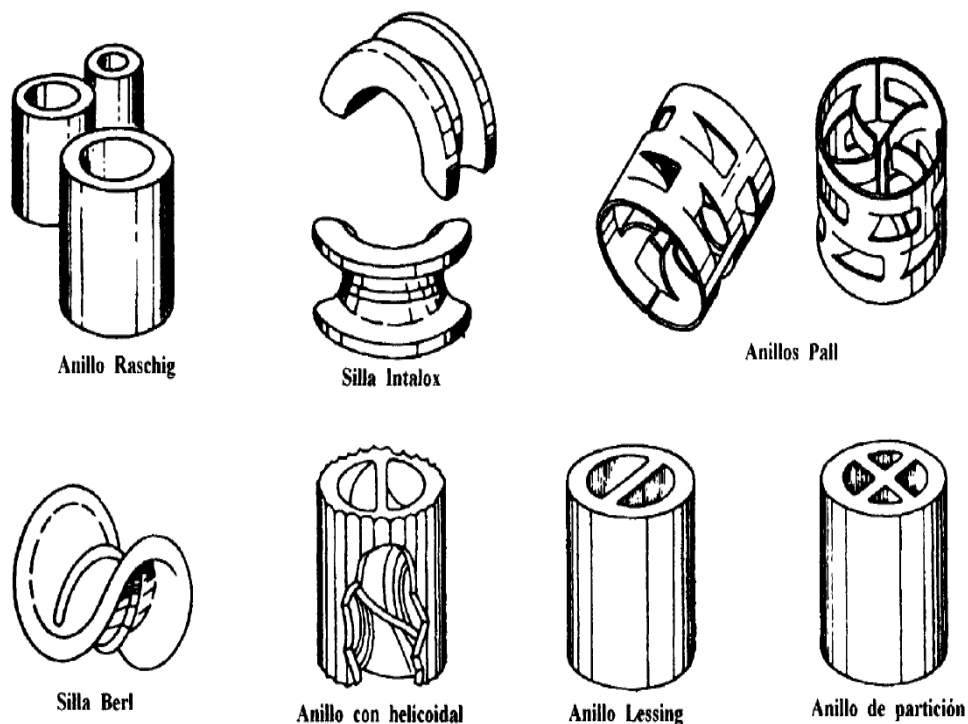


Ilustración 11: Diversos tipos de rellenos comerciales comunes

Los anillos Raschig son el tipo de relleno más antiguo (data de 1915) y todavía están en uso. Los anillos Pall son esencialmente anillos Raschig en los que se ha aumentado la superficie de contacto, con lo que se mejora la distribución del líquido.

Las sillas Berl fueron desarrolladas para mejorar la distribución del líquido comparada con los anillos Raschig. Las sillas Intalox pueden considerarse como una mejora de las Berl, ya que por su forma es más fácil de fabricar.

Para construir estos rellenos se utilizan diversos materiales: cerámica, metales, plásticos y carbono. Los anillos de metal y plástico son más eficaces que los de cerámica puesto que sus paredes pueden ser más finas.

La elección del material dependerá de la naturaleza del fluido y la temperatura de operación: el empaquetado cerámico es útil para líquidos corrosivos pero no para disoluciones fuertemente alcalinas. El plástico es atacado por algunos disolventes orgánicos y sólo debe usarse cuando no se sobrepasan temperaturas moderadas (por ejemplo no son útiles en columnas de rectificación). Tanto el relleno metálico como especialmente el cerámico se pueden romper fácilmente.

En general, el mayor tamaño de relleno aceptable en una columna es de 50 mm. Los tamaños más pequeños son más caros que los mayores, pero por encima de 50 mm la eficacia en la transferencia de materia disminuye considerablemente.

El uso de partículas de relleno demasiado grandes puede causar una distribución pobre del líquido.

Tabla de especificaciones para distintos tipos de relleno:

Tipo de empaque	Tamaño nominal		Peso aprox. por m ³ , kg(densidad)	Area superficial aprox. m ² /m ³	Espacio vacío (%)	Factor de empaque: Fp, m-1
	mm	pulg				
Monturas Berl, cerámica	6	0,25	900	900	60	900
	13	0,50	865	465	62	240
	25	1,0	720	250	68	110
	38	1,5	640	150	71	65
	51	2,0	625	105	72	45
Monturas Intalox, cerámica	6	0,25	865	625	75	725
	13	0,50	737	480	78	200
	25	1,0	673	255	77	92
	38	1,5	625	195	80	52
	51	2,0	609	118	79	40
Monturas Intalox, metal	76	3,0	577	92	80	22
	(No. 25)				97	41
	(No. 40)				97	25
	(No. 50)				98	15
Monturas intalox, plástico (polipropileno)	(No. 70)				98	13
	25	1,0	76	206	91	32
	51	2,0	64	108	93	21
	76	3,0	60	88	94	15
Anillos Pall, metal	16	0,625		341	92	70
	25	1,0	480	210	94	48
	38	1,5	415	130	95	28
	51	2,0	385	105	96	20
	89	3,5	270	66	97	16
Anillos Pall, plástico (polipropileno)	16	0,625	116	340	87	97
	25	1,0	88	205	90	52
	38	1,5	76	130	91	40
	51	2,0	72	100	92	25

Tabla 1: Datos de diseño de los empaques

	89	3,5	68	85	92	16
Anillos Rasching, cerámica	6	0,25	960	710	62	1680
	13	0,50	880	370	64	640
	16	0,625	800	240	72	270
	25	1,0	670	190	74	160
	38	1,5	740	120	68	95
	51	2,0	660	92	74	65
	76	3,0	590	62	75	36
	89	3,5	580	46	80	25
Anillos Rasching, acero	13	0,5	1 500	417	80	222
	25	1,0	1 140	207	86	137
	38	1,5	785	130	90	82
	51	2,0	590	102	92	57
	76	3,0	400	72	95	32
Hy-pac (acero)	(No. 1)		300	117	96	43
	(No.2)		225	95	97	18

Ilustración 12: Datos de diseño de los empaques

Los anillos Raschig que hemos seleccionado tienen un diámetro de 15mm y sus especificaciones técnicas son las siguientes:

Detalles del producto

Detalles rápidos

Gerencia de
calidad: ISO9001: 2008

Especificaciones

Fabricante y exportador profesionales de anillo de cerámica del raschig. Tamaño: 6m m 8m m 10m m 13m m 15m m 25m m 38m m 50m m... etc. Al₂O₃: 23-30%

Anillo de cerámica de XINTAO Raschig

Introducción:

El anillo de Raschig tiene resistencia ácida excelente y resistencia térmica. Puede resistir a la corrosión de varios ácidos inorgánicos, de ácidos orgánicos y de solventes orgánicos excepto el ácido hidrofúrico, y puede ser utilizado en condiciones de la alta o baja temperatura. Por lo tanto la gama del uso es muy ancha. Puede ser utilizada en las columnas de sequía, las columnas absorbentes, las torres de

enfriamiento, las torres de limpieza y columnas más activas en industria química, industria de la metalurgia, industria petrolera del carbón, industria productora del oxígeno, el etc.

Datos técnicos

Espec.	D*H*T (milímetro)	Superficie (³ del ² /m de m)	Volumen libre (%)	Número por ³ de m	Densidad a granel (³ de Kg/m)	Factor de embalaje seco (m-1)
Ø 15	15*15*2	330	70	250000	690	960
Ø 16	16*16*2	305	73	192500	730	784
Ø 25	25*25*2.5	190	78	49000	505	400
Ø 40	40*40*5	126	75	12700	577	305
Ø 50	50*50*5	93	81	6000	457	177
Ø 80	80*80*9.5	90	68	1910	714	234
Ø 100	100*100*10	70	70	1000	700	172
Ø 150	150*150*15	50	68	295	790	142

Composición química

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O+Na ₂ O
>el 70%	23-30%	el <1%	el <1-2%	el <2-4%

Características físicas

Índice	Valor
Gravedad específica (g/cm ³)	2.25-2.35
Absorción de agua (%)	<0.5
fuerza de Ácido-resistencia, pérdida de %Wt. (ASTM C279)	<4
Temperatura de la leña (grado C)	1280-1320
Punto de reblandecimiento (grado C)	>1400
Densidad (kg/m ³)	2350

Realizaremos un pedido de 4m³ para tener recambios, ya que por la naturaleza de los compuestos químicos que reaccionan en el interior de la columna, habrá que cambiar y limpiar el relleno cada cierto tiempo. Más adelante estimaremos que la capacidad de la columna a rellenar será de 2m³.

Dispositivos interiores de torres de relleno

Distribuidor de líquido de alimentación. El relleno, por sí solo, no conduce a una adecuada distribución del líquido de alimentación. Un distribuidor ideal tendría las siguientes características:

- a) Distribución uniforme del líquido.
- b) Resistencia a la oclusión y ensuciamiento.
- c) Elevada flexibilidad de operación (máximo intervalo entre los caudales máximo y mínimo con los que puede operar).
- d) Elevada área libre para el flujo de gas.
- e) Adaptabilidad a la fabricación con numerosos materiales de construcción.
- f) Construcción modular para una mayor flexibilidad de instalación.

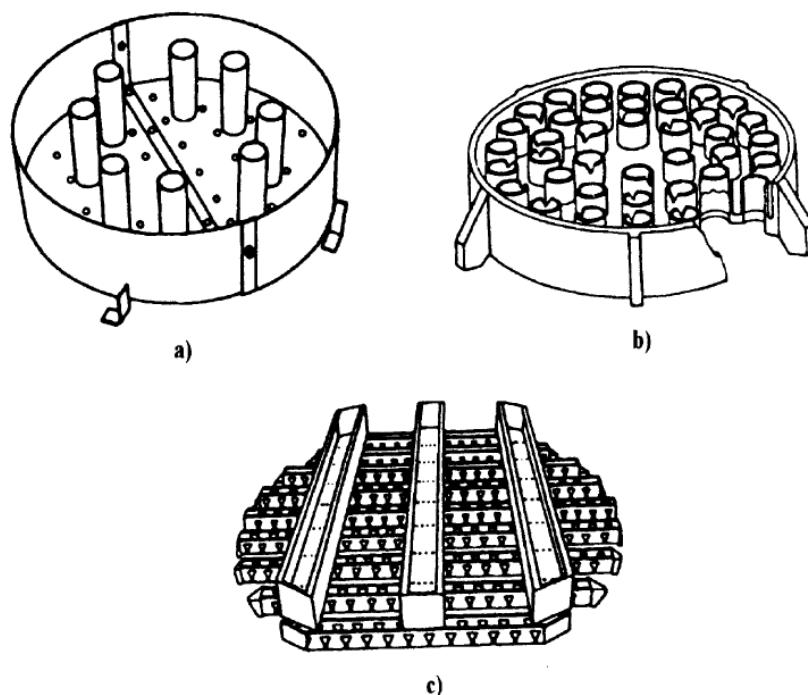


Ilustración 13: Distribuidores de líquido de alimentación a) Tipo orificio. b) Tipo vertedero. c) Tipo vertedero-canal.

Los dos distribuidores más ampliamente utilizados son los de orificios y los de tipo vertedero (Figura 3). En los de tipo vertedero se utilizan tubos verticales con vertederos en forma de V para la bajada del líquido, lo que permite un mayor flujo al aumentar la carga de altura. En los de tipo orificio, el líquido desciende a través de los orificios y el gas asciende por unos tubos. Las conducciones del gas deben tener un área tal que la pérdida de carga al circular el gas sea pequeña, los orificios deben ser lo

suficientemente pequeños para asegurar que hay un nivel de líquido sobre el plato aún a la menor velocidad de líquido, pero lo suficientemente grandes para que el distribuidor no se sature a la velocidad mayor. Los distribuidores de tipo vertedero-canal son más caros pero más versátiles (Figura 3). El líquido se distribuye proporcionalmente a través de una o más bandejas de partición y después pasa a los canales con vertederos.

Platos de soporte y de inyección del gas. Además de soportar el peso del relleno, los platos de soporte deben de estar diseñados para permitir un flujo relativamente no restringido del líquido y del gas. Con los tipos de platos que se muestran en la Figura 5, el líquido desciende a través de las aberturas hacia el fondo y el gas asciende a través de la sección superior.

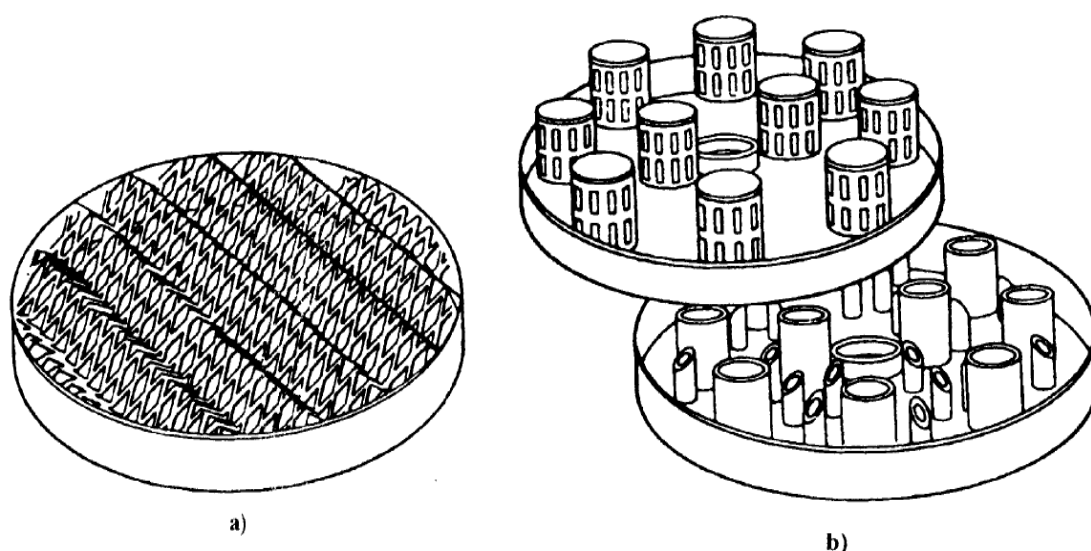


Ilustración 14: Platos de soporte e inyectores de gas. a) Tipo rejilla. b) Tipo tubo perforado.

3.5 Cálculo del flujo del reactivo líquido

Para calcular el flujo que necesitaremos de Cloruro de Hierro, necesitaremos conocer primero el número de moles que reaccionan en el interior de la columna. Como datos, conocemos las concentraciones de entrada y de salida de sulfhídrico en el gas. Además, si conocemos los pesos moleculares del aire y del sulfhídrico, podremos afirmar que:

$$[H_2S]_1 = 10 \text{ p.p.m.} = 0.01 \frac{\text{g}}{\text{l}} \quad (\text{Concentración a la entrada})$$

$$[H_2S]_2 = 2 \text{ p.p.m.} = 0.002 \frac{\text{g}}{\text{l}} \quad (\text{Concentración a la salida})$$

$$MmH_2S = 34 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

$$MmAire = 29 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$$

La fracción molar a la entrada será:

$$10 \text{ g } H_2S \times \frac{1 \text{ mol}}{34 \text{ g}} = 0.2941 \text{ mol } H_2S$$

$$(1000000 - 10) \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{29 \text{ g}} = 34482.4 \text{ mol } Aire$$

$$y_1 = \frac{0.2941 \text{ mol}}{34482.4 \text{ mol}} = 8.5289 \times 10^{-6}$$

Y la fracción molar a la salida:

$$2 \text{ g } H_2S \times \frac{1 \text{ mol}}{34 \text{ g}} = 0.0588 \text{ mol } H_2S$$

$$(1000000 - 2) \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol}}{29 \text{ g}} = 34482.7 \text{ mol } Aire$$

$$y_2 = \frac{0.0588 \text{ mol}}{34482.7 \text{ mol}} = 1.7052 \times 10^{-6}$$

$$\text{Reaccionan: } (8.5289 \times 10^{-6}) - (1.7052 \times 10^{-6}) = 6.8237 \times 10^{-6} \text{ reaccionan}$$

Según la ley de los Gases ideales:

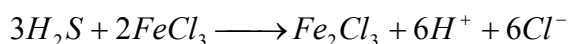
$$P \times V = n \times R \times T^a \quad \text{Donde R es la cte. De los gases ideales } 0.082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot ^\circ \text{K}}$$

Para nuestro caso, estimamos que cada metro de columna supone un incremento de 0.1atm. Si suponemos que nos va a resultar una columna de 2m de altura, tendremos que $P=1.2\text{atm}$. Además, el flujo de aire a la entrada es de 30000000l/h, proveniente de los ventiladores instalados. Suponemos $Q_1 = Q_2$, por lo tanto:

$$\frac{n}{h} = \frac{P \times V/h}{R \times T^a} = \frac{1.2\text{atm} \times 30000000 \text{ l/h}}{0.082 \times 10^{-6} \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot ^\circ \text{K}} \times 293 ^\circ \text{K}} = 1498376.759 \text{ mol/h}$$

$$\left(\frac{n}{h}\right)_{H_2Sabs} = 1498376.759 \text{ mol/h} \times (6.8237 \times 10^{-6}) = 10.224 \text{ mol/h} = Gm$$

Si la reacción química que se produce en el interior de la columna es la siguiente:



Si sabemos que la constante de solubilidad es:

$$K_{ps(Fe_2S_3)} = 1.4 \times 10^{-88} = [Fe^{3+}]^2 \times [S^{2-}]^3$$

Un valor tan pequeño de la constante de solubilidad indica que se precipitará todo en el líquido. Por lo tanto, solo nos tendremos que fijar en los coeficientes estequiométricos, que nos indican la proporción de moles que habrá en el fluido:

$$Lm = (2/3) \times 10.224 \text{ mol/h} = 6.816 \text{ mol/h}$$

Necesitamos conocer la concentración del reactivo en mol/l a partir de los datos que nos indique el proveedor:

$$[FeCl_3] = 40\%_p$$

$$\rho = 1.49 \text{ g/cm}^3 = 1490 \text{ g/l}$$

$$Mm_{FeCl_3} = 162.29 \text{ g/mol}$$

$$\left[\left(\frac{0.4}{162.29 \text{ g/mol}} \right) \times 1490 \text{ g/l} \right] = 3.6724 \text{ mol/l}$$

Ahora sólo nos queda calcular el caudal necesario de reactivo líquido que debemos hacer circular por la columna que vendrá dado por el siguiente cálculo:

$$\frac{Lm}{[FeCl_3]_{mol/l}} = \frac{6.816 mol/h}{3.6724 mol/l} = 1.856 l/h = Q_L$$

3.6 Cálculo de las dimensiones de la columna

Para calcular las dimensiones de la columna de absorción, nos hemos apoyado en los apuntes del libro de texto:
Perry-Green, 2007: "Manual del Ingeniero Químico", Mc Graw-Hill.

Donde se encuentra la siguiente expresión:

$$h_t = \int_{y_2}^{y_1} \frac{G_m \cdot dy}{k_G \cdot a \cdot (1-y)(y-y_i)} = \int_{y_2}^{y_1} \left[\frac{G_m}{k_G \cdot a \cdot y_{BM}} \right] \times \frac{y_{BM} \cdot dy}{(1-y)(y-y_i)} = H_{G,av} \times \int_{y_2}^{y_1} \frac{y_{BM} \cdot dy}{(1-y)(y-y_i)}$$

$$h_t = H_{G,av} \times N_G$$

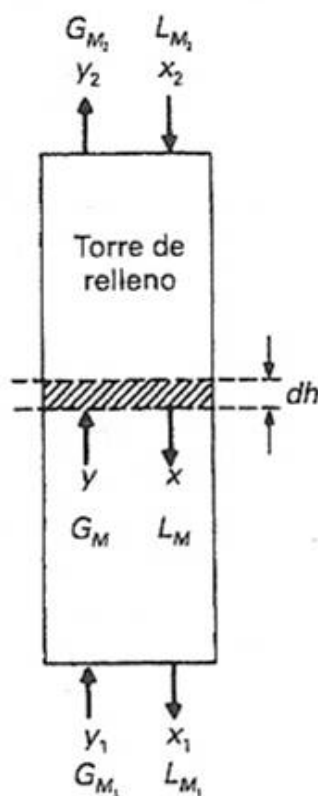


FIG. 14.3. Nomenclatura para los balances de materia en una columna de relleno para absorción o desorción.

Donde: $(k_G \cdot a)_{H_2S} = 11 \frac{ft}{h} = 3.3528 \frac{m}{h}$

$$Gm = 10.224 \text{ mol/h}$$

$$y_1 = 8.5289 \times 10^{-6} \quad y_2 = 1.7052 \times 10^{-6}$$

$y_i \equiv$ Concentración en el equilibrio

$$h_T = H_{G, av} N_G = H_{OG, av} N_{OG} \quad (14.16)$$

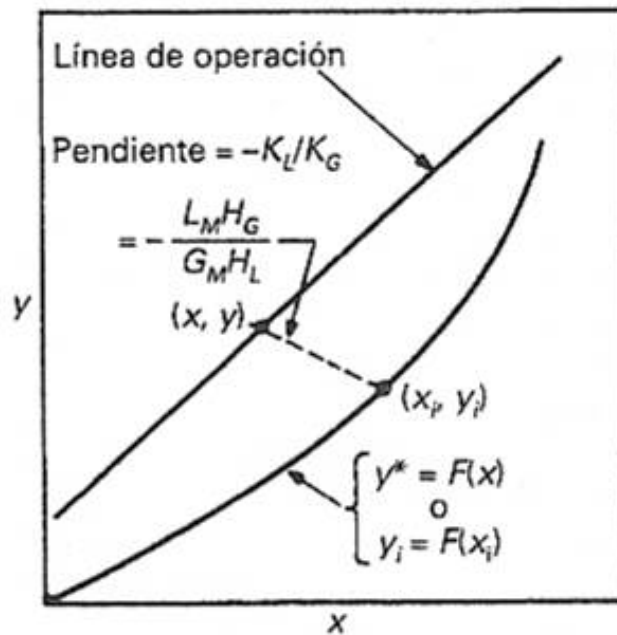


FIG. 14.4. Relación entre la curva de equilibrio y la de operación en un absorbedor de relleno; cálculo de las composiciones en la interfase.

Con los datos de que disponemos, estimamos que necesitaremos una columna de absorción de 2m de altura y 1 m² de sección circular. Dicha columna deberá ser de material inoxidable, en concreto, lo normal es que sean de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).

Nuestro proveedor de la columna de fibra de vidrio se llama Plavisa S.L. Comercializa con depósitos de diferentes tamaños y formas, pudiéndose emplear uno vertical con sección cilíndrica para nuestro propósito.

Éstos son los datos que nos facilita el fabricante:

INDUSTRIA QUÍMICA

- QUÍMICA EN GENERAL
- FARMACÉUTICA
- PERFUMERÍA
- AGLOMERADOS
- PAPELERA
- TEXTIL
- CURTIDOS
- LABORATORIOS
- PIGMENTOS Y COLORANTES
- ABONOS LÍQUIDOS
- RESINAS
- SANITARIA

Depósitos fabricados mediante enrollamiento helicoidal.

Capacidades de 100 lts. hasta 220.000 lts.

Modelos: Verticales, horizontales, virola alargada, con patas de poliéster, con patas metálicas regulables, etc. Diámetros:

• OVALADOS Ø

1.100 x 1.600

1.300 x 1.800

1.500 x 2.000

• CILINDRICOS Ø

500

1.200

1.800

2.500

3.400

800

1.400

2.000

2.800

3.500

1.000

1.600

2.400

3.000

4.000

• FONDOS: Tipo KLOPPER, KORBORGEN y PLANOS

PLAVISA cuenta con una oficina técnica propia dotada con los programas informáticos más avanzados para el cálculo y diseño particularizado de su proyecto, así como laboratorio para el ensayo y pruebas requeridas según cada normativa.

Su depósito siempre estará acompañado de los correspondientes planos constructivos y certificados de ensayos.

PLAVISA dispone en su fábrica de Burgos de 30.000 m² de superficie de almacenamiento y de 6.500 m² de instalaciones cubiertas.

Ilustración 15: Tamaños disponibles para columnas verticales

3.7 Ley de Stockes y depósito de purga o decantador

Para eliminar las partículas residuales de Sulfuro de hierro (S_3Fe_2) que reaccionan en la columna y que se arrastran con el líquido reactivo, diseñaremos un depósito de purga o decantador para dejar que se depositen éstas en el fondo, y así poder reciclar y volver a usar el líquido.

Para ello, deberemos apoyarnos en la Ley de Stockes, y hallar las dimensiones necesarias del depósito de purga.

Ley de Stockes:

La **Ley de Stokes** se refiere a la fuerza de fricción experimentada por objetos esféricos moviéndose en el seno de un fluido viscoso en un régimen laminar de bajos números de Reynolds. Fue derivada en 1851 por George Gabriel Stokes tras resolver un caso particular de las ecuaciones de Navier-Stokes. En general la ley de Stokes es válida en el movimiento de partículas esféricas pequeñas moviéndose a velocidades bajas. La ley de Stokes puede escribirse como:

$$F_r = 6\pi R\eta v$$

donde R es el radio de la esfera, v su velocidad y η la viscosidad del fluido. La condición de bajos números de Reynolds implica un flujo laminar lo cual puede traducirse por una velocidad relativa entre la esfera y el medio inferior a un cierto valor crítico. En estas condiciones la resistencia que ofrece el medio es debida casi exclusivamente a las fuerzas de rozamiento que se oponen al deslizamiento de unas capas de fluido sobre otras a partir de la capa límite adherida al cuerpo. La ley de Stokes se ha comprobado experimentalmente en multitud de fluidos y condiciones.

Si las partículas están cayendo verticalmente en un fluido viscoso debido a su propio peso puede calcularse su velocidad de caída o sedimentación igualando la fuerza de fricción con el peso aparente de la partícula en el fluido.

$$V_s = \frac{2r^2g(\rho_p - \rho_f)}{9\eta}$$

donde:

V_s es la velocidad de caída de las partículas (velocidad límite)

g es la aceleración de la gravedad,

ρ_p es la densidad de las partículas y
 ρ_f es la densidad del fluido.
 η es la viscosidad del fluido.

Para el caso que nos ocupa, los valores que tomaremos serán los siguientes:

$$g = 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$\rho_p = 1.96 \frac{Kg}{l}$$

$$\rho_f = 1 \frac{Kg}{l}$$

Se escogen las partículas mayores de $400nm$ de radio porque es el diámetro máximo que permite el paso de la longitud de onda de la luz. Las partículas de menor tamaño dejarían pasar un haz de luz.

$$r \geq 0.4 \mu m$$

$$\eta_{agua} = 1.002 mPa \cdot s = 1.002 \times 10^{-3} \left(\frac{Kg}{m \cdot s^2} \right)$$

Con estos datos, podemos calcular la velocidad de caída o sedimentación:

$$V_s = \frac{2}{9} \cdot \frac{r^2 \cdot g \cdot (\rho_p - \rho_f)}{\eta} = \frac{2}{9} \cdot \frac{(0.4 \times 10^{-6})^2 \cdot 9.8 \frac{m}{s^2} \cdot (1.96 - 1)}{1.002 \times 10^{-3}} \frac{m}{s} = 1.5 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$$

Para calcular las dimensiones del depósito de decantación deberemos hallar la velocidad de arrastre del fluido. Para ello, estimaremos la sección de superficie perpendicular al flujo del fluido.

$$w = 0.5m \text{ (Weight)}$$

$$h = 0.5m \text{ (Altura)}$$

$$V = \frac{Q}{w \cdot h} = \frac{1.856 \times 10^{-3} \frac{m^3}{h} \cdot \frac{1h}{3600s}}{(0.5m)^2} = 2.06 \times 10^{-6} \frac{m}{s}$$

El último parámetro a calcular será la longitud necesaria para la total sedimentación de las partículas. Se halla según la ecuación:

$$\frac{V}{V_{s_{\min}}} = \frac{l}{h} \rightarrow l = \frac{2.06 \times 10^{-6} \frac{m}{s} \cdot 0.5m}{1.5 \times 10^{-6} \frac{m}{s}} = 0.6m$$

Para sobredimensionarlo, lo haremos construir de 1m de largo.

El depósito deberá tener la entrada del flujo dirigida hacia la superficie del líquido para no volver a levantar las partículas de sedimento que ya se hayan depositado en el fondo del decantador. El fondo del decantador tendrá una forma cónica para que al purgar, puedan dejarse caer todas las partículas de sedimento.

Para la purga, se instalará una válvula, la cual tendremos que abrir cada vez que vallamos a limpiar el relleno de la columna o realicemos los procedimientos de reposición.

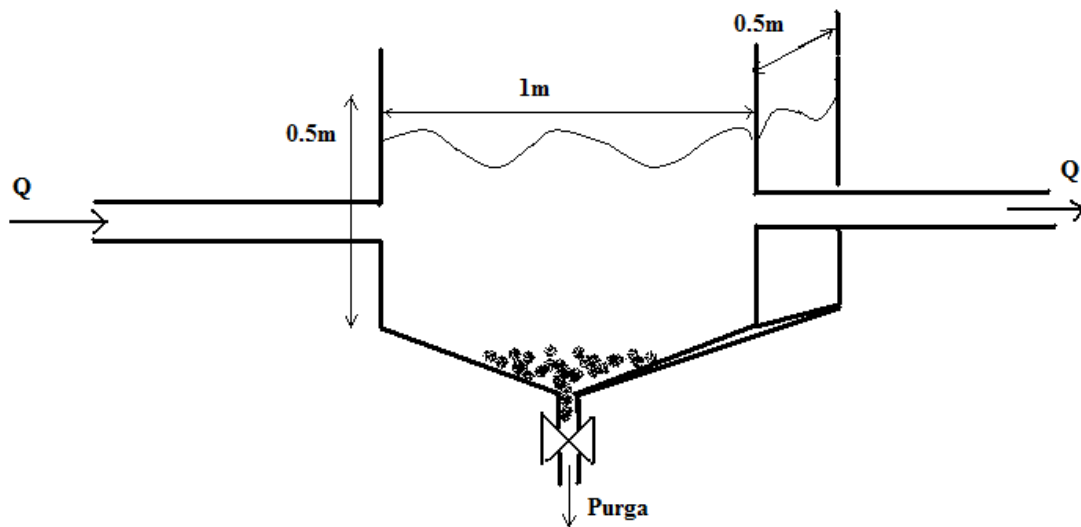


Ilustración 16: Depósito de decantación

3.8 Diagrama de bloques

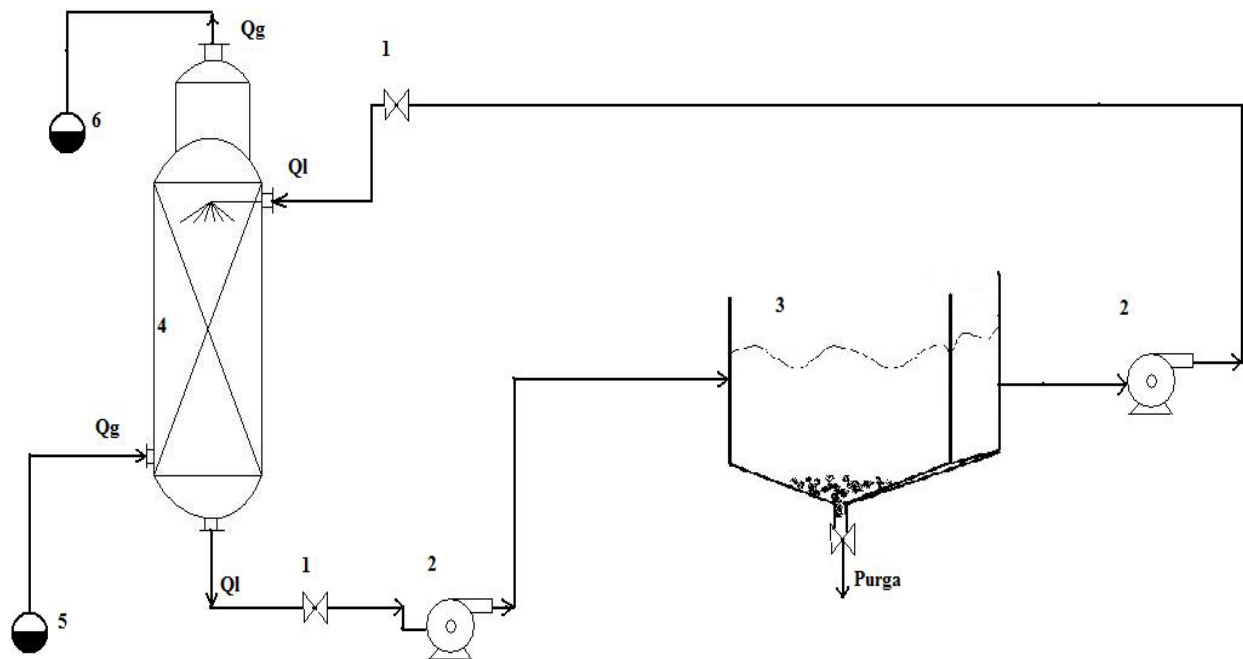


Ilustración 17: Diagrama de flujo del proceso de absorción

Leyenda:

1. Electroválvulas y medidores de caudal.
2. Bombas para impulsión de pequeños caudales.
3. Depósito de decantación.
4. Columna de absorción. Rellena de anillos Raschig.
5. Entrada del sistema. Caudal de aire de la ventilación.
6. Salida del sistema. Aire libre de H_2S hacia la atmósfera.

3.9 Elección de las bombas impulsoras

Para suministrar el fluido de líquido reactivo debemos elegir las válvulas, bombas y medidores de caudal necesarios. Los criterios para su elección son:

Criterios para la selección

Parámetros, condiciones y factores a considerar:

- Rango de caudales a cubrir
- Precisión requerida (debe especificarse para todo el rango)
- Repetibilidad requerida
- Ambiente en que se realizará la medición
- Tipo de salida eléctrica requerida
- Ambiente en que se realizará la medición
- Pérdida de carga aceptable
- Presupuesto (debe considerarse no solo el costo del instrumento)
- Costo del instrumento en sí
- Costo de la energía necesaria para operarlo
- Costo de la instalación (adaptación de sistemas de control, paneles, etc.)
- Costo de mantenimiento
- Costo de la instrumentación asociada
- Costo de mano de obra calificada
- Tipo de fluido a medir
- Linealidad
- Velocidad de respuesta

Las válvulas y reguladores de fluido seleccionados para nuestro proyecto son los siguientes:

ROTAMETROS

El efecto de la viscosidad sobre la indicación es despreciable, pero el efecto del tipo de fluido debe ser adecuadamente calibrado.

Ventajas:

- * Es económico para caudales bajos y tuberías con diámetros menores a 2".
- * Cubre un rango amplio de caudales.
- * Sirve para líquidos y gases.
- * Provee una información visual directa.
- * La caída de presión es baja.
- * Instalación y mantenimiento simple.

Desventajas:

- * No es sencillo ni económico obtener señal eléctrica a partir de la indicación.
- * Se incrementa mucho su costo para tuberías de diámetro grande.
- * No se consiguen rotámetros para tuberías grandes.
- * Debe instalarse en sentido vertical de modo que el caudal sea ascendente.
- * Son de baja precisión.

Presentación:



ROTAMETRO METALICO para BAJOS CAUDALES para LIQUIDOS y GASES

Mide e Indica Caudal Instantáneo. Construido con Tubo de medición Metálico en lugar de Vidrio es el medidor A/V (Area Variable) confiable y exacto para bajos caudales, **apto para Altas Presiones y Fluidos Agresivos o Difíciles de Manejar.**

Es muy utilizado **para dosificar aditivos o ingredientes costosos** en Especialidades Químicas, Farmacéuticas, Cosméticas, Alimenticias, así como en **Investigación y Desarrollo**. Indicador acoplado magnéticamente con escalas intercambiables. Reed switch hermético (opcional) con novedoso doble sensor provee Alarma sin afectar la performance.

Instalación: rosca 1/4" hembra.

Rango: 0,13 a 100 litro/hora para agua; 0.1 a 56 litros/minuto para aire.

Exactitud: $\pm 5\%$.

Construcción: Tubo y Flotante de Inox 316L, Hastelloy, o Titanio; Sellos de Viton.

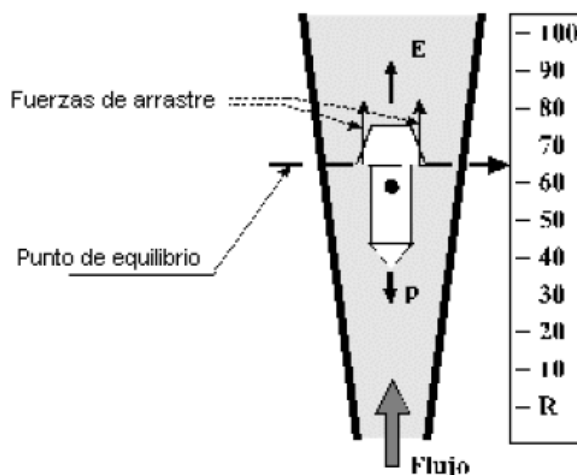
Apto hasta 200°C y 100 bar (modelo sin válvula: 275 bar) e Intemperie NEMA 4.

Opciones: 1-Provisto de válvula reguladora; 2-Provisto de Alarma; 3- Apto Zona Ex; 4-Reed Switch hermético.

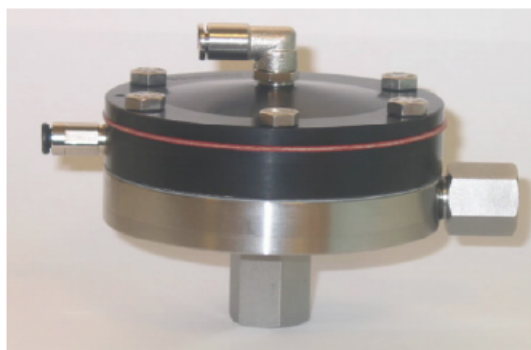
Características: Metálicos para bajos caudales

Origen: EEUU

Precio: US\$ 650



Para la impulsión del líquido por los conductos a la velocidad requerida, usaremos bombas para caudales pequeños. El modelo HGB-510 de la marca Binks es el más adecuado para nuestro caso. Los detalles de dicha bomba se muestran a continuación.



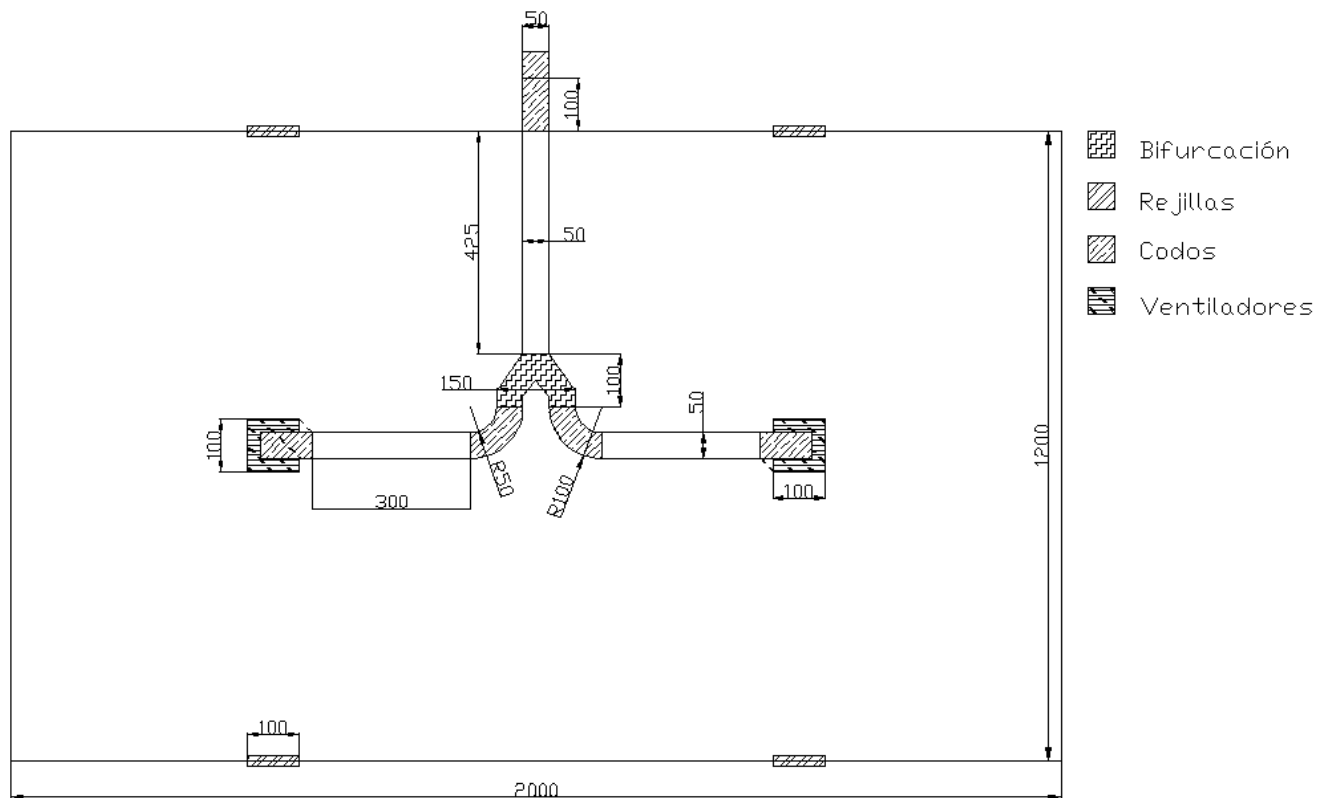
■ ESPECIFICACIONES

Tipo Reg	Referencia	Roscado		Presión de entrada min-max. bar	Presión de salida max. bar	Caudal indicativo. L/min	Límites del manómetro bar
		Entrada	Salida				
Manual muelle	HGB-509-5-R38	Hembra 3/8 BSP	Macho 3/8 NPS /BSP	2 - 12,5	5	13	Sin
	HGB-609-1.2-R38			1 - 8	1,2	8,3	0 - 2,5
	HGB-609-5-R38			2 - 12,5	5	13	0 - 6
	HGB-609-9-R38			3 - 15	9	13	0 - 10
Ajustement pneumatique	HGB-510-R1	Hembra 1/4 BSP	Hembra 1/4 BSP	2 - 15	15	1,6 (boquil 1.1mm)	Sin
	HGB-510-R2			1 - 15	7	1,3 (boquil 1.1mm)	Sin
	HGB-510-R4			1 - 15	4	0,8 (boquil 1.1mm)	Sin
	HGB-510-R1-CO	Macho 3/8 NPS /BSP	Hembra 3/8 NPS	2 - 15	15	1,6 (boquil 1.1mm)	Sin
	HGB-510-R2-CO			1 - 15	7	1,3 (boquil 1.1mm)	Sin
	HGB-510-R4-CO			1 - 15	4	0,8 (boquil 1.1mm)	Sin

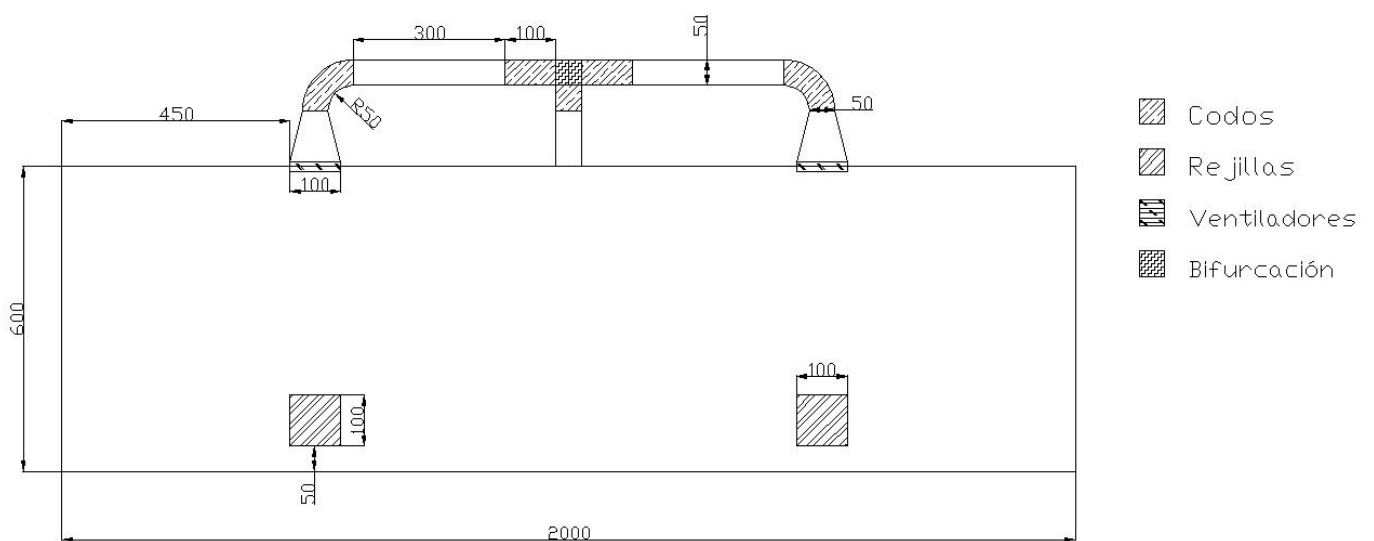
Necesitaremos un par de ellas, una para la salida de la columna de absorción desde la parte inferior de ésta, y que impulsará el fluido hasta el depósito de decantación, y otra que enviará el fluido hacia el interior de la columna por la parte superior de ésta.

4. Planos (1un.=1cm)

4.1 Plano en planta de la nave



4.2 Plano frontal de la nave



Capítulo 5

Conclusiones y líneas futuras

5.1 Conclusiones

El objetivo de partida de este proyecto era el diseño de un sistema de ventilación y de una columna de absorción que redujera la concentración de sulfhídrico en una nave. Por tanto, el resultado fundamental de este proyecto se resume en afirmar la viabilidad de la técnica empleada.

En primer lugar, en el capítulo 2 se han desarrollado las elecciones y cálculos necesarios para el diseño del sistema de ventilación. Se ha llegado a la conclusión de que los ventiladores helicoidales son más efectivos para el caudal a extraer y las dimensiones de la nave, así como menos sonoros y de material inoxidable.

También hemos llegado a la conclusión de que los cálculos para el caudal de aire a extraer, sólo dependen del volumen de la nave y de las concentraciones de agentes químicos. Aquí se estudiaron las normativas vigentes acerca de salud e higiene en el trabajo con respecto a las concentraciones máximas de sulfhídrico.

En la realización de este proyecto fin de carrera se han utilizado y ampliado los conocimientos adquiridos en la asignatura fundamentos de química acerca de las disoluciones y concentraciones. Con respecto a la parte de las columnas de absorción, los conocimientos iniciales eran nulos, por lo que los conocimientos se han ido adquiriendo conforme se desarrollaba el proyecto.

5.2 Líneas futuras

Uno de los posibles futuros proyectos podría ser la mejora del rendimiento de la columna de absorción. Al aumentar el rendimiento, se incrementaría el margen con respecto a la concentración máxima permitida de sulfhídrico que se puede expulsar a la atmósfera.

También puede desarrollarse el proyecto usando una columna de platos en lugar de nuestra columna de relleno, estudiándose su viabilidad y ventajas.

Otro punto a tratar es la instalación de sensores capaces de detectar una concentración elevada de sulfhídrica en la nave, aumentando el caudal aumentando el caudal que han de extraer los ventiladores en caso de alta concentración y, por tanto, el caudal de líquido reactivo.

Finalmente, propongo el estudio para encontrar el disolvente químico más adecuado para la absorción del azufre contenido en el aire.

6. Presupuesto

Coste de personal

Descripción	Coste unitario	Unidades	Importe total
Ing. Técnico de Electrónica Industrial	30 €/h	450 h	13500 €
Oficial de 1ª - Jefe de equipo	20 €/h	80 h	1600 €
Oficial de 2ª	16 €/h	80 h	1280 €
Oficial de 3ª	13 €/h	80 h	1040 €
Coste total del personal			17420 €

Todos los cálculos realizados para el salario del personal, lleva incluido el IRPF.

Coste de material

Descripción	Coste unitario	Unidades	Importe total
Ventiladores HGB-800-1	2500 €/u	2	5000 €
Reducciones – conductos de ventilación	60 €	2	120 €
Codos – Conductos de ventilación	100 €	6	600 €
Bifurcación – Conductos de ventilación	200 €	1	200 €
Conducto recto – Conducto de ventilación	100 €	3	300 €
Columna de fibra de vidrio Plavisa S.L.	1200 €	1	1200 €
Rellenos: Anillos Raschig (1m3)	575 €/u	4	2300 €
Electroválvulas y reguladores de fluido: Rotámetros	475 €/u	2	950 €
Decantador	100 €	1	100 €
Electroválvula	24.68 €	1	24.68 €
Cloruro de Hierro III: Group T3 (25l)	178,5 €/u	16	2856 €
Bombas Binks HGB-510	500 €/u	2	1000 €
Coste total de material			14650.68 €

Resumen del presupuesto

Descripción	Importe total
Coste de personal	17420 €
Coste de material	14650.68 €
Impuestos (IVA 18%)	5772.72 €
Total presupuesto	37843.4 €

“El presupuesto total de este proyecto asciende a la cantidad de TREINTA Y SIETE MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y TRES EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS DE EURO”

Leganés, a 17 de Noviembre de 2011

El ingeniero proyectista

Fdo. Román Avellán Martín

7. Referencias

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, “NTP 741: Ventilación general por dilución”, Ministerio de trabajo y asuntos sociales, España.
- Nuria Caballé Oller, 2006: “Higiene Industrial: Problemas resueltos”, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Barcelona.
- Enrique Carnicer Royo: “Ventilación Industrial. Cálculo y aplicaciones”, Paraninfo, Madrid.
- Martín Ramirez Muñoz, 2007: “Viabilidad de un proceso para la eliminación conjunta de H₂S y NH₃ contenido en efluentes gaseosos”, Universidad de Cádiz, Cádiz.
- A. Marcilla Gomis, 1998: “Introducción a las operaciones de separación”, Publicaciones Universidad de Alicante, Murcia.
- “Comparación entre columnas de platos y columnas de relleno”, Disponible [Internet]
http://www.ing.unlp.edu.ar/dquimica/paginas/catedras/iofq813/archivos/Comparacion_Platos_Rellenos_101108_V0.pdf [11 de Noviembre de 2011]
- “Diseño de la altura de una columna de absorción”, Disponible [Internet]
http://www.ing.unlp.edu.ar/dquimica/paginas/catedras/iofq813/archivos/L04_A00_AB_ColumnaAbsorcionCoeficientes_V0.pdf [11 de Noviembre de 2011]
- Rams-Martínez, S.L., 2011: “Ficha de datos de seguridad: Hierro III Cloruro 40%”, Group T3, Barcelona.
- Perry-Green, 2007: “Manual del Ingeniero Químico”, Mc Graw-Hill.
- Abraham de los Ángeles Díaz García, 2010: “Estudio de la viabilidad de un sensor óptico de agua y hielo basado en la variación del coeficiente de absorción”, departamento de Tecnología electrónica UC3M, Madrid.
- Wikipedia, 2011: “Ley de Stokes”, Disponible [Internet]
http://es.wikipedia.org/wiki/Ley_de_Stokes [11 de Noviembre de 2011]

- Valores de la constante de solubilidad (Kps): S3Fe2 , Disponible [Internet]
<http://www.utim.edu.mx/~navarrof/Docencia/QuimicaAnalitica/MatAuxiliar/tabaskps.htm> [11 de Noviembre de 2011]
- Miliarium: Columna de absorción, Disponible [Internet]
<http://www.miliarium.com/prontuario/MedioAmbiente/Atmosfera/ColumnaRelleno.htm> [11 de Noviembre de 2011]
- Proveedor de anillos Raschig: XINTAO, Disponible [Internet]
<http://spanish.alibaba.com/product-gs/ceramic-raschig-ring-286705099.html> [11 de Noviembre de 2011]
- Proveedor de Cloruro de Hierro III 40%: Group T3, Disponible [Internet]
 < <http://www.lets-lab.es/hierro-iii-cloruro-soluc-40.lab> > [11 de Noviembre de 2011]

8. Anexos

8.1 Hojas de características

8.1.1 Ventiladores



HGB-T

EXTRACTORES HELICOIDALES
800, 1000, 1250, 1500 y 1800 mm



Extractores helicoidales murales con accionamiento por poleas-bandas, normalizados en cinco diámetros: 800, 1000, 1250, 1500 y 1800 mm.

Esta gama ofrece 22 configuraciones de hélice-motor con rangos de caudales desde 12,146 m³/hr hasta 136,875 m³/hr.

El modelo HGB-T es el resultado de procesos productivos de alta tecnología y avanzados controles de calidad; cuentan con un diseño altamente eficiente, logrando grandes prestaciones con muy bajo consumo energético, gracias a los alabes de características especiales que eliminan turbulencias y reducen el nivel sonoro del equipo.

Características Principales:

- Hélices aerodinámicas y eficientes con altos estándares en ingeniería y diseño
- Embocadura embutida en todos los tamaños con venturi prolongado, para reducción de turbulencias.
- Diseño especial de soporte y base motor de gran resistencia, que facilita el mantenimiento.
- Rodamientos uso industrial a bolas de alto desempeño.
- Acabado en pintura en polvo poliéster electrostático.

- Motores trifásicos, totalmente cerrados, con ventilación forzada.

-Eje en acero calculado con diámetros que superan los parámetros de carga.

Rangos de fabricación:

Modelos 800 (31") a 1250 (49")

Hélices de 6 álabes con diseño aerodinámico fabricado en acero, unido a disco estrella embutido de fijación a flecha.

Modelos 1500 (59") y 1800 (71")

Hélice de gran robustez constituida por 6 álabes en acero, unidas a casquillo por cartabón en placa de acero de gran resistencia. Asegurada con tornillería especial.

Aplicaciones:

Extracción ó ventilación de uso industrial:

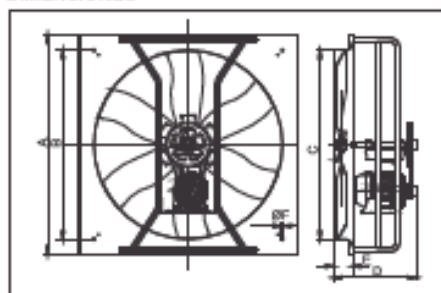
Ideal para mover grandes volúmenes de aire en naves industriales, bodegas, polideportivos, estacionamientos, cuartos de máquinas, industria automotriz, invernaderos y en general en todos aquellos ambientes en los que el nivel sonoro sea un factor importante.

Aplicaciones especiales:

-Atmósferas corrosivas: Acabado pintura epóxica altos sólidos ó recubrimientos fenólicos.

- Motores APEX

DIMENSIONES



MODELO	A	B	C	D	E	ØF
HGB-T 800	1008	835	850	468	90	15.9
HGB-T 1000	1174	973	1013	548	98	15.9
HGB-T 1250	1455	1255	1261	555	103	15.9
HGT 1500	1769	1582	1504	694	170	15.9
HGT 1800	2032	1724	1850	900	193	22.2

*Dimensiones mm.



HGB-T

EXTRACTORES HELICOIDALES
800, 1000, 1250, 1500 y 1800 mm

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Modelo	Velocidad RPM	Potencia HP	Tensión Volts	Intensidad A	Caudal a descarga libre m³/hr / CFM	Presión sonora dB(A) ^a	Peso aprox. Kg
HGB-800-1/2	530	1/2	127/220	6.0/3.8	12,146 / 7,145	58	41
HGT-800-1/2	530	1/2	220/440	1.8/1.0	12,146 / 7,145	58	41
HGT-800-3/4	700	3/4	208-230/460	2.8/1.4	16,200 / 9,529	66	41
HGB-800-1	800	1	127/220	17.5/7.5	18,340 / 10,788	69	41
HGT-800-1	800	1	208-230/460	3.0/1.5	18,340 / 10,788	69	41
HGT-1000-3/4	550	3/4	208-230/460	2.8/1.4	24,888 / 14,509	67	48
HGB-1000-1	610	1	127/220	17.5/7.5	27,630 / 16,253	69	48
HGT-1000-1	610	1	208-230/460	3.0/1.5	27,630 / 16,253	69	48
HGT-1000-1 1/2	700	1 1/2	208-230/460	4.2/2.1	31,683 / 18,625	72	48
HGB-1250-1	450	1	127/220	17.5/7.5	32,300 / 19,000	68	61
HGT-1250-1	450	1	208-230/460	3.0/1.5	32,300 / 19,000	68	61
HGT-1250-1 1/2	500	1 1/2	208-230/460	4.2/2.1	36,833 / 21,078	70	61
HGB-1250-2	540	2	127/220	29.0/13.5	38,900 / 22,882	72	66
HGT-1250-2	540	2	208-230/460	6.2/3.1	38,900 / 22,882	72	66
HGT-1250-3	610	3	208-230/460	7.8/3.9	43,750 / 25,735	74	76
HGT-1500-3	550	3	208-230/460	11.0/5.5	59,400 / 34,941	76	144
HGT-1500-5	550	5	208-230/460	15.2/7.6	74,630 / 43,900	79	148
HGT-1500-7 1/2	550	7 1/2	208-230/460	20.2/10.1	85,989 / 50,581	84	164
HGT-1500-10	550	10	208-230/460	26.8/13.4	92,582 / 54,460	87	172
HGT-1800-7 1/2	440	7 1/2	208-230/460	20.2/10.1	104,445 / 61,438	81	311
HGT-1800-10	440	10	208-230/460	26.8/13.4	118,340 / 69,612	85	318
HGT-1800-15	440	15	208-230/460	35.8/17.9	136,875 / 80,515	89	358

^aNivel sonoro medido de acuerdo a normas AMCA 300/05 y 301/05

CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS

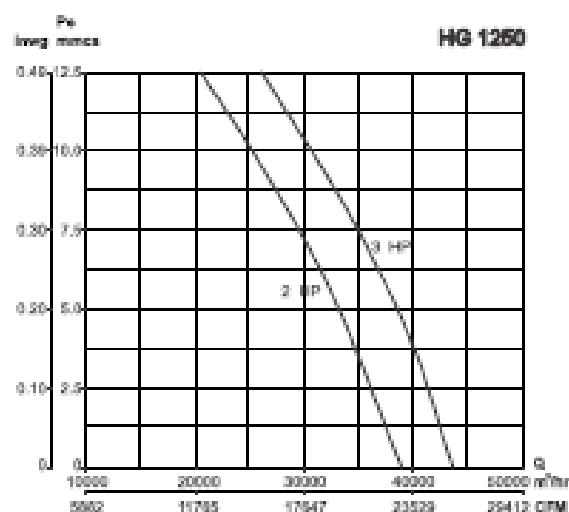
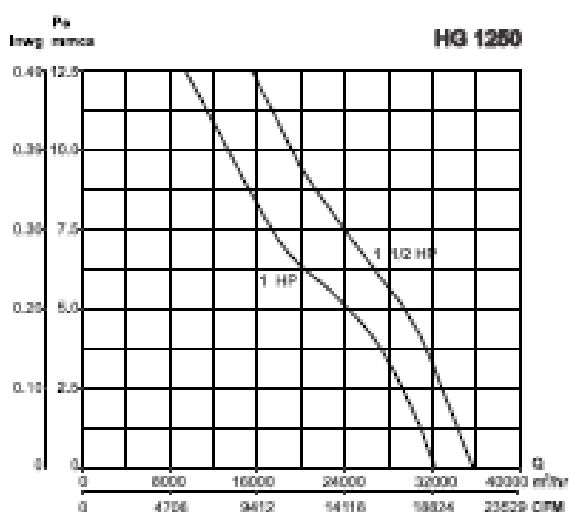
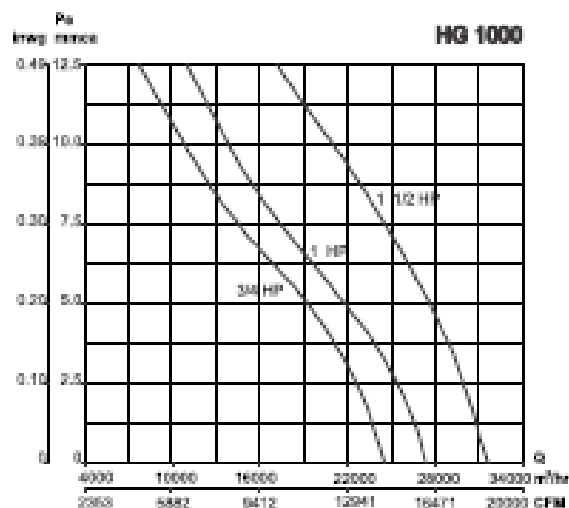
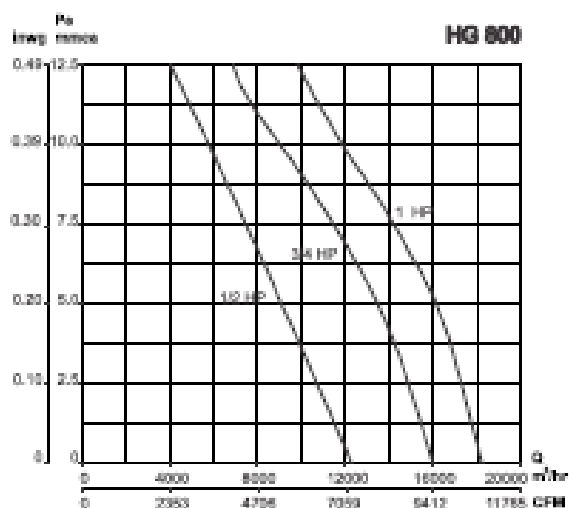
Modelo	Frecuencia Hz.								LwA	dB(A)
	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz		
HGB-T 800-1/2	58	61	68	66	65	62	56	52	69	58
HGT-800-3/4	66	69	76	74	73	70	64	60	77	66
HGB-T 800-1	70	73	80	77	76	73	67	63	81	69
HGT-1000-3/4	66	70	77	75	74	71	65	61	78	67
HGB-T 1000-1	68	72	79	77	76	73	67	62	80	69
HGT 1000-1 1/2	71	75	82	80	79	76	70	66	83	72
HGB-T 1250-1	67	71	78	76	75	72	66	63	79	68
HGT-1250-1 1/2	69	73	80	78	77	74	68	65	81	70
HGB-T 1250-2	71	75	82	80	79	76	70	67	83	72
HGT-1250-3	73	77	84	82	81	78	72	69	85	74
HGT-1500-3	75	79	86	84	83	80	74	71	87	76
HGT-1500-5	78	82	89	87	86	83	77	74	90	79
HGT-1500-7 1/2	83	87	94	92	91	88	82	79	95	84
HGT-1500-10	85	90	97	95	94	91	85	82	99	87
HGT-1800-7 1/2	79	84	91	90	88	85	79	76	93	81
HGT-1800-10	84	89	95	94	92	89	83	80	97	85
HGT-1800-15	86	91	97	96	94	91	85	82	100	89



HGB-T

EXTRACTORES HELICOIDALES
800, 1000, 1250, 1500 y 1800 mm

CURVAS CARACTERÍSTICAS



8.1.2 Conductos de ventilación



AIR TUB :: Fabricación de conductos helicoidales y rectangulares

La actividad de AIR TUB es la FABRICACIÓN y SUMINISTRO de conductos helicoidales y rectangulares.

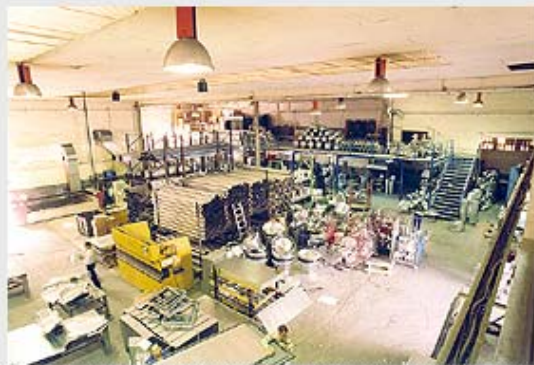
La materia prima que utilizamos es ACERO GALVANIZADO e INOXIDABLE.

Fabricamos una extensa gama de productos para ventilación y climatización:

- Conductos circulares helicoidales.
- Conductos Rectangulares.
- Codos, Tes, abrazaderas, Tolvas, Sombreros.
- Piezas especiales.

Las medidas que podemos hacer los conductos CIRCULAR son desde 100 milímetros hasta 1500 milímetros y con espesores de chapa desde 0,5 mm hasta 1,2 mm.

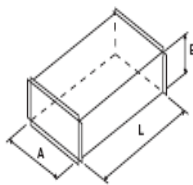
Disponemos de la tecnología mas avanzada para poder ofrecer a nuestros clientes una calidad excepcional y una entrega muy ajustados a sus necesidades.



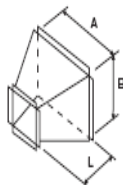
© Air Tub, S.L.

Conductos rectangulares

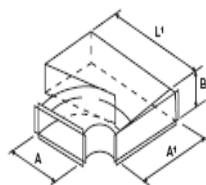
Conducto recto



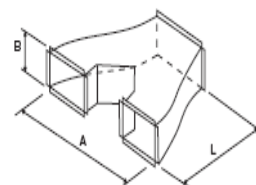
Reducción



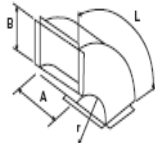
Pieza S.C.E.



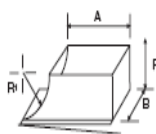
Bifurcación



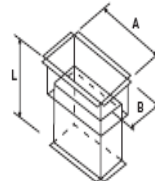
Codo-reducción



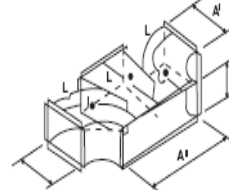
Pieza R.T.A.P.



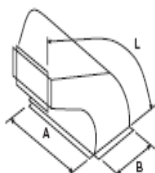
Cuello telescópico



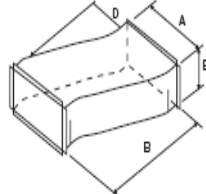
Pieza S.I.C.



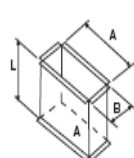
Codo-reducción



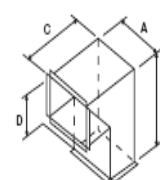
Desvío



Cuello



Codo recto



CONDUCTOS DE :	UNIÓN RAYONETA	UNIÓN TIPO METU
0,6 mm	9,70 m ²	13,04 m ²
0,8 mm	11,14 m ²	13,71 m ²
1 mm	12,64 m ²	14,38 m ²
1,2 mm	13,31 m ²	15,05 m ²

	Enros
Perfil tipo metu de 20	0,86 / ml.
Escuadra de 20	0,30 / ud.
Perfil tipo metu de 30	1,26 / ml.
Escuadra de 30	0,57 / ud.
Soporte de tipo omega	0,91 / ml.

• Precios válidos sólo para las fabricaciones de conductos de acero galvanizado, que no superen un 35% de figuras, los tramos rectos de menos de 1/2 m² serán contados como 1/2m². Las figuras inferiores a 1m² serán facturadas como 1m².

8.1.3 Válvulas de control de fluidos

Presentación:



ROTAMETRO METALICO para BAJOS CAUDALES *para LIQUIDOS y GASES*

Mide e Indica Caudal Instantáneo. Construido con Tubo de medición Metálico en lugar de Vidrio es el medidor A/V (Area Variable) confiable y exacto para bajos caudales, **apto para Altas Presiones y Fluidos Agresivos o Dificiles de Manejar.**

Es muy utilizado **para dosificar aditivos o ingredientes costosos** en Especialidades Químicas, Farmacéuticas, Cosméticas, Alimenticias, así como en **Investigación y Desarrollo.** Indicador acoplado magnéticamente con escalas intercambiables. Reed switch hermético (opcional) con novedoso doble sensor provee Alarma sin afectar la performance.

Instalación: rosca 1/4" hembra.

Rango: 0,13 a 100 litro/hora para agua; 0.1 a 56 litros/mimuto para aire.

Exactitud: ±5%.

Construcción: Tubo y Flotante de Inox 316L, Hastelloy, o Titanio; Sellos de Viton.

Apto hasta 200°C y 100 bar (modelo sin válvula: 275 bar) e Intemperie NEMA 4.

Opciones: 1-Provisto de válvula reguladora; 2-Provisto de Alarma; 3- Apto Zona Ex; 4-Reed Switch hermético.

Características: Metálicos para bajos caudales

Origen: EEUU

Precio: US\$ 650

8.1.4 Bombas para el fluido:

■ DESCRIPCIÓN

Con ajuste manual o neumático, estos reguladores permiten la alimentación de fluido bajo presión constante por uno o dos pistolas, con una bola inoxidable con muelle antagonista en acero inoxidable y un asiento "Perlast" para aplicación de pintura baja viscosidad y un regulación a baja histéresis (consigna presión controlada precisa).

■ ESPECIFICACIONES

Tipo Reg	Referencia	Roscado		Presión de entrada min-max bar	Presión de salida max. bar	Caudal indicativo. L/min	Límites del manómetro bar
		Entrada	Salida				
Manual muelle	HGB-509-5-R38	Hembra 3/8 BSP	Macho 3/8 NPS /BSP	2 - 12,5	5	13	Sin
	HGB-609-1.2-R38			1 - 8	1,2	8,3	0 - 2,5
	HGB-609-5-R38			2 - 12,5	5	13	0 - 6
	HGB-609-9-R38			3 - 15	9	13	0 - 10
Ajustement pneumatique	HGB-510-R1	Hembra 1/4 BSP	Hembra 1/4 BSP	2 - 15	15	1,6 (boquil 1.1mm)	Sin
	HGB-510-R2			1 - 15	7	1,3 (boquil 1.1mm)	Sin
	HGB-510-R4			1 - 15	4	0,8 (boquil 1.1mm)	Sin
	HGB-510-R1-CO	Macho 3/8 NPS /BSP	Hembra 3/8 NPS	2 - 15	15	1,6 (boquil 1.1mm)	Sin
	HGB-510-R2-CO			1 - 15	7	1,3 (boquil 1.1mm)	Sin
	HGB-510-R4-CO			1 - 15	4	0,8 (boquil 1.1mm)	Sin

Todos los pasos de fluido son de acero inoxidable 303 ; las membranas son de Téflon/goma ; las tapaderas son de aluminio niquelado (modelo manual) o son anodizadas (modelo neumático). Se equipan los reguladores HGB-609 en salida de un te, de un tubo en acero inoxidable para realce y de un manómetro (la calidad de estanco de las conexiones debe ser conservada entre los varios elementos para proteger el manómetro). Ver los detalles en el capítulo "Accesorios".

IMPORTANTE : Estos reguladores pueden utilizarse con la mayor parte de materiales de recubrimiento y acabados. Sin embargo, si se usa con materiales altamente corrosivos o abrasivos, será necesario efectuar limpiezas asiduas y completas del regulador y deberán sustituirse algunas piezas con mayor frecuencia.

■ DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD CE


Nos, ITW Surfaces & Finition, 163-171 Av. des Auréats, 26014 Valence – France, como constructor del regulador de fluido HGB-510/509, declaramos de nuestra total responsabilidad que el equipo en relación con este documento es de conformidad con las normas y los documentos reglamentarios que siguen:

EN 292-1 Partes 1 & 2: 1991, EN 1953: 1999; y también es conforme con las exigencias de protección de la **Norma Europea 98/37/EC** con referencia a la norma de seguridad de las máquinas.

Estos equipos son clasificados como componentes en la **Norma ATEX 94/9/EC** Aparatos y sistema de protección para una utilización dentro una atmósfera explosiva que son en conformidad con las condiciones de esta norma a **nivel II 2 G**

Director general: Claude FERRET

ITW Surfaces & Finition se reserva el derecho de cambiar las especificaciones de los equipos sin aviso previo.



■ INSTALACIÓN

- Los reguladores HGB deben ser colocados preferiblemente horizontalmente para evitar que el fluido deposita en fondo. El tubo para realce y el manómetro deben ser colocados verticalmente. El manómetro así será protegido por el aire que permanecerá en el tubo. Todo escape a las conexiones del tubo o del manómetro deben suprimirse so pena de dañar el manómetro.
- Conectar la línea de alimentación del fluido de la bomba o del deposito de fluido debajo del regulador a la conexión de entrada 1/4" BSP o 3/8" NPS/BSP universal (Ver la tabla p32).
- Conectar la línea del fluido regulado con una o dos pistolas en posición lateral con la conexión de salida 1/4" BSP o 3/8" BSP (Ver la tabla p32).
- Es necesario enchufar el regulador a masa para dispersar las cargas electrostáticas que pueden constituirse con motivo de los caudales de aire o de fluido. Puede realizarse con la utilización del tornillo detalla 3A o 3B. Controlar la continuidad de la conexión directa a masa con un ohmímetro. Se recomienda una resistencia inferior a 10^6 ohm.
- En la puesta en marcha aseguran de no tener ninguna bolsa de aire bajo la membrana del regulador lo que podría tener una influencia sobre la precisión de la regulación para una utilización a bajo producción.

n ADVERTENCIA

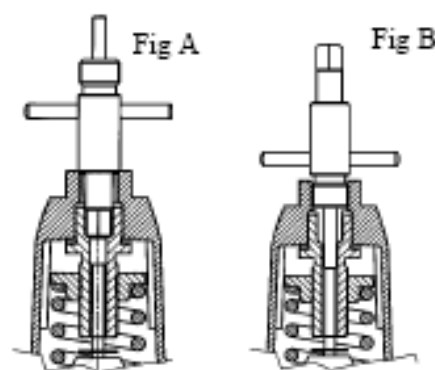
Se recomienda para una primera puesta en marcha de una instalación que la línea de alimentación del fluido no pasa a través del regulador con el fin de evitar atorar y poner impurezas o virutas sobre el asiento de válvula del regulador. UTILIZACIÓN de un FILTRO en línea obligatoriapipe USE AN IN LINE FILTER.

■ OPERACIONES

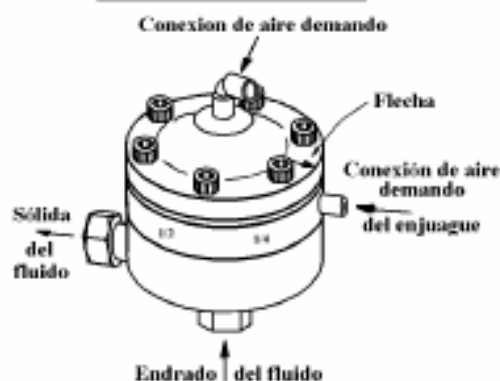
Regulador manual

El ajuste de presión de fluido se hace con ayuda de la clave específica. Insertar el manguito de arrastre de la clave en el orificio situado sobre el regulador. FIGURA A. Atornillar para aumentar la presión, destornillar para disminuirla.

Posición enjuague en apertura máxima, introducir la parte cilíndrica de la clave y atornillar la clave al máximo para bajar el vástago de apoyo sobre el porta-membrana y así abrir el regulador al máximo para un enjuague óptimo. FIGURA B.



HGB-510- R1 / R2 / R4



Regulador neumático

En los modelos HGB-510-R1, R2 o R4, la presión del fluido regulado se ajuste gracias a una presión de aire de mando que llega por un regulador adjunto ; para eso instalar un tubo de aire sobre el racor de arriba que se encuentra sobre la tapadera del regulador. Se aconseja montar el regulador de aire el más cerca del regulador de fluido a fin de conseguir una regulación óptima ; si la instalación no lo permite, la creación de una fuga de aire mínima sobre el tubo Rilsán a la entrada del racor de mando dará la garantía una reactividad máxima del regulador de aire. Posición enjuague en apertura máxima, traer aire en la conexión "aire de mando de enjuague" para apertura total..

■ MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Se recomienda una limpieza periódica del regulador con ayuda de un solvente adaptado. Para la limpieza de la línea y la del regulador, respetar las siguientes instrucciones:

1. Cortar la presión.
2. Poner el regulador en posición de enjuague con apertura máxima. (Véase capítulo Operación enjuague).
3. Expulsar el fluido en dirección opuesta a través de la línea regulada introduciendo una presión de aire. Eso puede ser realizado por la pistola manual conectada a la red de aire aflojando el anillo del cabezal de aire, teniendo un trapo sobre el cabezal e impulsando el gatillo. El aire entrará en dirección opuesta a través del tubo de la pistola y expulsará el fluido en la línea de producto.
4. Desmontar la conexión de entrada del fluido, limpiar con cuidado el muelle, la bola, la junta y controlarlos para deterjo. Si se dañan, seguir todas las instrucciones de desmontaje y montaje de la válvula mostradas mas adelante. Si el suyo estado es satisfactorio, limpiar el roscado de la conexión de entrada del fluido, poner un freno de rosca con poca resistencia (loctite 222) y montar la conexión a un par de 6.4 Nm

Limpiar con periodicidad el exterior del regulador con un trapo humedecido en disolvente..

■ SUSTITUCIÓN DE COMPONENTES

Nota : Suprimir la presión del fluido y la presión de aire de mando (HGB-510) antes del mantenimiento. Para los modelos HGB-509 y 609, rebajar la presión desatornillando el tornillo de ajuste (FIG A).

SOSTITUCIÓN DEL DIAFRAGMA

1. Quitar los seis tornillos (2) de la tapadera con ayuda de una clave.
2. La membrana del regulador se vende asamblea con la arandela de apoyo del muelle y su deflector ; no desmontar este conjunto, si la pieza se daña sustituirla. Instalar la nueva membrana en el cuerpo del regulador.
3. Volver a montar la tapadera del regulador. Apretar los seis tornillos con un par de 7,5/8 Nm.
4. Para los modelos de regulador con control neumático, comprobar el orden y la posición de las arandelas intermedias y pistones en el montaje.
5. Para colocar la membrana, se aconseja hacer batir una decena de vez la membrana poniendo una presión de 4 bar por la conexión de enjuague (N° 8a).

TO SERVICE DESMONTAJE DEL ENSAMBLE DE VÁLVULA

Modelo bola con asiento Perlast en forma de "D".

1. Desenroscar la conexión de entrada del fluido.
2. Limpiar con cuidado el muelle, la bola, la junta, y controlar la junta para deterioro. Si se daña, desmontar el racor utilizado como soporte de junta, cambiar la junta, extraer la arandela, bien limpiar la colocación y el roscado.
3. Volver a montar la arandela, espalda junto a la junta, poner un freno de rosca resistente (loctite270) sobre las 3 primeras roscas del lado de la junta, apretar el soporte a un par de 12Nm máximo, más allá de este par, corren el riesgo de dañar el cuerpo irremediablemente.
4. Esperar un momento para que la Loctite endurezca, Montar de nuevo la bola, el muelle.
5. Después de limpiar el roscado de la conexión de entrada del fluido, poner un freno de rosca con poca resistencia (loctite222).
6. Volver a montar la conexión, apretar a un par de 6.4Nm.

8.1.5 Anillos Raschig

Detalles del producto

Detalles rápidos

Gerencia de
calidad: ISO9001: 2008

Especificaciones

Fabricante y exportador profesionales de anillo de cerámica del raschig. Tamaño: 6m m 8m m 10m m 13m m 15m m 25m m 38m m 50m m... etc. Al₂O₃: 23-30%

Anillo de cerámica de XINTAO Raschig

Introducción:

El **anillo de Raschig** tiene resistencia ácida excelente y resistencia térmica. Puede resistir a la corrosión de varios ácidos inorgánicos, de ácidos orgánicos y de solventes orgánicos excepto el ácido hidrofúrico, y puede ser utilizado en condiciones de la alta o baja temperatura. Por lo tanto la gama del uso es muy ancha. Puede ser utilizada en las columnas de sequía, las columnas absorbentes, las torres de enfriamiento, las torres de limpieza y columnas más activas en industria química, industria de la metalurgia, industria petrolera del carbón, industria productora del oxígeno, el etc.

Datos técnicos

Espec.	D*H*T (milímetro)	Superficie (³ del ² /m de m)	Volumen libre (%)	Número por ³ de m	Densidad a granel (³ de Kg/m)	Factor de embalaje seco (m-1)
Ø 15	15*15*2	330	70	250000	690	960
Ø 16	16*16*2	305	73	192500	730	784
Ø 25	25*25*2.5	190	78	49000	505	400
Ø 40	40*40*5	126	75	12700	577	305
Ø 50	50*50*5	93	81	6000	457	177
Ø 80	80*80*9.5	90	68	1910	714	234
Ø 100	100*100*10	70	70	1000	700	172
Ø 150	150*150*15	50	68	295	790	142

Composición química

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O+Na ₂ O
>el 70%	23-30%	el <1%	el <1-2%	el <2-4%

Características físicas

Índice	Valor
Gravedad específica (g/cm3)	2.25-2.35
Absorción de agua (%)	<0.5
fuerza de Ácido-resistencia, pérdida de %Wt. (ASTMc279)	<4
Temperatura de la leña (grado C)	1280-1320
Punto de reblandecimiento (grado C)	>1400
Densidad (kg/m3)	2350

8.1.6: Electroválvulas

Precios de Electroválvula para instalación de riego, de 1" de diámetro, de material plástico, con solenoide de 9V, para una presión máxima de 10 bar

24,68€/u

Precios Coste Directo en fecha Julio 2011 para España para una obra tipo Obras tipo (PEM 1,653 M euros) para Electroválvula para instalación de riego, de 1" de diámetro, de material plástico, con solenoide de 9V, para una presión máxima de 10 bar. [Cambiar parámetros »](#)

(Cód. BJSB1110: Electroválvula riego,d=1",9V,pres.max:10bar)

Información medioambiental

CONSUMO	PESO	COSTE ENERGÉTICO		EMISIÓN CO2
Componentes constitutivos de materiales	0,50 KG	37,75 MJ	10,49 Kwh	4,48 KG
- acero	0,15 KG	5,25 MJ	1,46 Kwh	0,42 KG
- cobre	0,10 KG	15,00 MJ	4,17 Kwh	1,47 KG
- PVC	0,25 KG	17,50 MJ	4,86 Kwh	2,58 KG
Total	0,50 KG	37,75 MJ	10,49 Kwh	4,48 KG